

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2005-005713

(43)Date of publication of application : 06.01.2005

(51)Int.Cl.

H01L 21/027  
G03F 7/20

(21)Application number : 2004-172029

(71)Applicant : ASML NETHERLANDS BV

(22)Date of filing : 10.06.2004

(72)Inventor : DE SMIT JOANNES THEODOOR  
BANINE VADIM YEVGENYEVICH  
BISSCHOPS THEODORUS HUBERTUS  
J  
MODDERMAN THEODORUS MARINUS  
DIERICHS MARCLE MATHIJS T M

(30)Priority

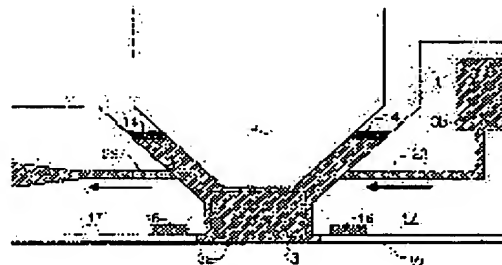
Priority number : 2003 03253694  
2004 820227Priority date : 11.06.2003  
08.04.2004Priority country : EP  
US

## (54) LITHOGRAPHY APPARATUS AND METHOD OF MANUFACTURING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enhance imaging performance of an apparatus which has a liquid filling a space between the final element of a projection system and a substrate.

SOLUTION: A lithography apparatus and a method of manufacturing device use a liquid of a large index of refraction which fills at least a part of a imaging region between the final element of a projection lens and the substrate and is trapped in a liquid trap 13. Bubbles produced in the liquid, which is resulted from a dissolved atmosphere gas or is resulted from a gas discharged from the apparatus element exposed to the liquid, are detected and removed so as to prevent the bubbles from interfering with the exposure and from causing a baking defect. The detection can be carried out by measuring the frequency dependence of damping of the ultrasonic wave. The bubbles can be removed through a process that the liquid is degased and pressurized, the liquid is isolated from the atmosphere, a liquid of low surface tension is used, a continuous liquid flow passing the imaging region, and a node of an ultrasonic stationary wave is shifted.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 20.07.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1]

The exposure system arranged so that a radiation beam may be supplied,

The supporting structure constituted so that a pattern formation means to offer the radiation beam which it is possible to give a pattern to the cross section of said radiation beam, and therefore carried out pattern formation may be supported,

The substrate table constituted so that a substrate may be held,

The projection system arranged so that said radiation beam which carried out pattern formation may be projected on the target part of said substrate,

It is lithography projection equipment equipped with the liquid distribution system constituted so that a part of space [ at least ] between the definitive element of said projection system and said substrate may be filled up with a liquid,

It is lithography projection equipment characterized by equipping said liquid distribution system with a cellular reduction means, and equipping said cellular reduction means with a cellular detection means further.

[Claim 2]

Lithography projection equipment according to claim 1 with which said cellular detection means is equipped with at least one ultrasonic transducer, and attenuation of the supersonic wave in said liquid is measured by said converter in order to acquire the information about the air bubbles which exist in said liquid.

[Claim 3]

Lithography projection equipment according to claim 2 with which said ultrasonic transducer measures attenuation of a supersonic wave as a function of a frequency.

[Claim 4]

Lithography projection equipment given in any 1 term to claims 1-3 which said cellular reduction means equips with a cellular clearance means.

[Claim 5]

It is lithography projection equipment according to claim 4 which said cellular clearance means is equipped with a deaerator, and said deaerator is equipped with an isolated room, and the space of the liquid upper part in said isolated room is maintained by the pressure lower than atmospheric pressure, and promotes that the gas which dissolved before escapes from a solution, comes out, and is pumped out.

[Claim 6]

Lithography projection equipment according to claim 4 or 5 which supplies a continuous liquid flow on said definitive element of said projection system, and said substrate in order that said cellular clearance means may convey the air bubbles in said liquid outside said space between said definitive element of said projection system, and said substrate.

[Claim 7]

Lithography projection equipment given in any 1 term of said claim which said cellular reduction means equips with the liquid pressurizer which pressurizes said liquid rather than atmospheric pressure at high voltage in order to promote that minimize the magnitude of air bubbles and cellular formation gas dissolves into said liquid.

[Claim 8]

Lithography projection equipment given in any 1 term of said claim chosen so that it may have surface tension with the presentation of said liquid smaller than water.

[Claim 9]

Lithography projection equipment given in any 1 term of said claim in which said cellular reduction means processes it before said liquid is supplied to it by said space between said definitive element of said projection system, and said substrate.

[Claim 10]

Lithography projection equipment according to claim 9 with which it is held in the container with which said processed liquid was closed, and the surplus space in said closure container is filled up with one or more of nitrogen gas, argon gas, gaseous helium, or a vacuum.

[Claim 11]

It is lithography projection equipment according to claim 2 or 3 which operates so that the supersonic wave decreased while spreading in accordance with the path which an ultrasonic transducer is arranged with a pulse echo configuration, and said converter transmits a supersonic wave, and passes said liquid after an echo may be received.

[Claim 12]

It is lithography projection equipment according to claim 2 or 3 which receives the supersonic wave decreased while spreading the 2nd converter in accordance with the path which passes said liquid between said two converters by equipping said cellular detection means with two ultrasonic transducers isolated spatially, and the 1st converter transmitting a supersonic wave.

[Claim 13]

Said cellular clearance means contains two ultrasonic transducers which is arranged so that the ultrasonic stationary wave form which confines air bubbles in the interior of a nodal zone may be generated inside said liquid and which were isolated spatially. They are claims 4 and 5 which carry out space migration of the air bubbles with which said phase adjustment means was shut up a nodal zone and into it by arranging said cellular clearance means so that said air bubbles may be displaced by using a phase adjustment means to coordinate with said converter, or lithography projection equipment given in 6.

[Claim 14]

They are claims 4, 5, and 6 to which said electric field can push away the air bubbles adhering to said substrate by equipping said cellular clearance means with the electric-field generator for impressing electric field to said liquid, or lithography projection equipment given in 13.

[Claim 15]

Claims 4, 5, 6, and 13 equipped with an alternative heater for said cellular clearance means to control temperature selectively, therefore control the magnitude of the air bubbles of a specific presentation selectively, or lithography projection equipment given in 14.

[Claim 16]

Lithography projection equipment according to claim 15 with which said alternative heater is equipped with the source of microwave.

[Claim 17]

Claims 4, 5, 6, 13, and 14 which said cellular clearance means equips with the particle input unit for introducing a particle into said liquid, and the particle stripper for removing said particle from said liquid, or lithography projection equipment given in 15.

[Claim 18]

Lithography projection equipment [ equipped with the front face which has the description with which said particle promotes adhesion of air bubbles ] according to claim 17.

[Claim 19]

Said cellular detection means is equipped with the light source, a photodetector, and an optical comparator. Said light source and said photodetector It is arranged so that the light emitted according to said light source may pass said some of liquids and may spread between said light sources and said detectors. Said comparator Lithography projection equipment given in any 1 term of said claim arranged so that change of the ratio of said synchrotron orbital radiation which reaches said detector after passing through and spreading said some of liquids may be detected.

[Claim 20]

The radiation system arranged so that a radiation beam may be supplied,

The supporting structure constituted so that a pattern formation means to offer the radiation beam which it is possible to give a pattern to the cross section of said radiation beam, and therefore carried out pattern formation may be supported,

The substrate table constituted so that a substrate may be held,

The projection system arranged so that said radiation beam which carried out pattern formation may be

projected on the target part of said substrate,

It is lithography projection equipment equipped with the liquid distribution system constituted so that a part of space [ at least ] between the definitive element of said projection system and said substrate may be filled up with a liquid,

It has further the detection system arranged so that the impurity containing the light source, a photodetector, and an optical comparator in said liquid may be detected. Said light source and said photodetector It is arranged so that the light emitted according to said light source may pass said some of liquids and may spread between said light sources and said detectors. Said comparator Lithography projection equipment characterized by being arranged so that change of the ratio of said synchrotron orbital radiation which reaches said detector may be detected, after passing through and spreading said some of liquids.

[Claim 21]

Lithography projection equipment according to claim 20 with which said detection system is arranged so that the particle in said definitive element of said projection system and said liquid between said substrates may be detected.

[Claim 22]

The process which offers the substrate by which at least the part is covered in the layer of a radiation induction ingredient,

The process which supplies a radiation beam using an exposure system,

The process which uses a pattern formation means to offer the radiation beam which gave the pattern to the cross section of said radiation beam, and therefore carried out pattern formation,

The process which projects said radiation beam which carried out pattern formation on the target part of the layer of said radiation induction ingredient,

It is the device manufacture approach including the process which offers the liquid distribution system constituted so that a part of space [ at least ] between said definitive element of said projection system and said substrate may be filled up with a liquid,

The device manufacture approach characterized by including further the process which detects and reduces the air bubbles in said liquid distribution system.

[Claim 23]

The exposure system arranged so that a radiation beam may be supplied,

The supporting structure constituted so that a pattern formation means to offer the radiation beam which it is possible to give a pattern to the cross section of said radiation beam, and therefore carried out pattern formation may be supported,

The substrate table constituted so that a substrate may be held,

The projection system arranged so that said radiation beam which carried out pattern formation may be projected on the target part of said substrate,

It is lithography projection equipment equipped with the liquid distribution system constituted so that a part of space [ at least ] between the definitive element of said projection system and said substrate may be filled up with a liquid,

Lithography projection equipment characterized by choosing said suspended state when being measured, if said active state was chosen and liquid quality is less than the predetermined threshold condition when being measured, if it had further the liquid quality monitor which can switch the operating state of said projection equipment between an active state and a suspended state and liquid quality has exceeded the predetermined threshold condition.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

**JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

[Detailed Description of the Invention]

[Field of the Invention]

[0001]

This invention relates to lithography equipment and the device manufacture approach.

[Background of the Invention]

[0002]

Lithography equipment is a machine which gives a desirable pattern on the target part of a substrate. Lithography equipment is usable to manufacture of an integrated circuit (IC). In that case, it is possible to create the circuit pattern corresponding to the individual layer of an integrated circuit using pattern formation means, such as a mask, and such a pattern can be further drawn on the target part (for example, some dies of one piece or some are included) on the substrate (for example, silicon wafer) which has the layer of a radiation induction ingredient (resist). Generally, a single substrate includes the network of the contiguity target part exposed continuously. The so-called stepper which irradiates a target part, respectively, and the so-called scanner which scans a pattern in the given direction (the "scan" direction) by the projection beam, and irradiates a target part, respectively by scanning a substrate to reverse parallel in parallel [ on the other hand, synchronize and ] with this direction are contained in the known lithography equipment by exposing the whole pattern on a target part for one attempt.

[0003]

Since it is filled up with the space between the definitive element of a projection system, and a substrate, it has been proposed that the substrate in lithography projection equipment is immersed into the liquid which has a big refractive index relatively, for example, water. Since exposure radiation has shorter wavelength in a liquid, this main point is being able to draw a smaller configuration configuration. (It is possible that the effectiveness of a liquid makes the effective numerical aperture of a system increase, and the depth of focus also increases it further again.) Other immersion liquids have been proposed including a particle, for example, the water made to \*\*\*\* Xtal to inside.

[0004]

However, soaking a substrate or a substrate, and a substrate table into a cistern (for example, referring to the U.S. Pat. No. 4,509,852 description which incorporates the whole as reference here) means that the liquid of the large quantity which must be accelerated at the time of scan exposure exists. A motor more powerful than additional \*\*\*\* is required for this, and there is a possibility of bringing about further the effect that the turbulent flow in a liquid does not predict [ needlessness and ].

[0005]

One of the solutions proposed is related with the liquid distribution system for using a liquid \*\*\*\*\* system, and boiling only the local field top of a substrate, and supplying a liquid into between the definitive element of a projection system, and a substrate (generally a substrate has bigger surface area than the definitive element of a projection system). Thus, in order to arrange, one proposed approach is indicated by the international disclosure/[ 99th ] No. 49504 pamphlet which incorporates the whole as reference here. It is removed by at least one exhaust port OUT, after a liquid is preferably supplied by at least one inlet IN on a substrate along the migration direction of the substrate to a definitive element and passes through the bottom of a projection system so that it may illustrate to drawing 2 and 3a. That is, when scanning a substrate in the direction of -X under an element, a liquid is supplied by the +X side of an element, and it removes by the -X side. Drawing 2 is drawing showing typically the arrangement removed by the another side side of an element by the exhaust port OUT which a liquid is supplied through Inlet IN and connects with the source of low voltage. Although a liquid is supplied along the migration direction of the substrate to a definitive

element in instantiation of drawing 2 , this comes out so and a certain need is not. Then, although the various orientation and number of the inlet positioned around the definitive element and exhaust ports are possible and one example is shown in drawing 3, 4 sets of inlets which equip both sides with an exhaust port are prepared in the regular array to the perimeter of a definitive element.

[0006]

Another solution proposed prepares the closure member prolonged along a part of boundary [ at least ] of the space between the definitive element of a projection system, and a substrate table in a liquid distribution system. Such a solution is illustrated to drawing 3 b. This closure member is standing it still substantially to a projection system in XY flat surface, although some relative displacement may exist in a Z direction (in the direction of an optical axis). Closure is formed between a closure member and a substrate front face. As for this closure, it is desirable that it is non-contact closure like a gas seal. The system which has such a gas seal is indicated by the Europe patent application 03252955.No. 4 description which incorporates the whole as reference here.

[0007]

On the Europe patent application 03257072.No. 3 descriptions, the idea of a congruence stage or 2 ream stage mold immersion lithography equipment is indicated. Two stages for supporting a substrate are established in such equipment. While performing level measurement using the stage in the 1st location where an immersion liquid does not exist, exposure is performed using the stage in the 2nd location where an immersion liquid exists. As an exception method, equipment has only one stage.

[0008]

This invention is not limited, although it can apply to all of immersion lithography equipment and can apply to such an above-mentioned class especially.

[0009]

When compared with the system by which a liquid does not exist in an exposure radiation path, an unexpected fault arises from such a new technique. especially -- an image -- disagreeable \*\*\*\*\* in which a liquid degrades image quality in respect of others although resolution improves.

[Description of the Invention]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]

[0010]

The object of this invention is raising the drawing engine performance of equipment of having the liquid filled up with the space between the definitive element of a projection system, and a substrate.

[Means for Solving the Problem]

[0011]

If this invention is caused like 1 voice,

The exposure system arranged so that a radiation beam may be supplied,

The supporting structure constituted so that a pattern formation means to offer the radiation beam which it is possible to give a pattern to the cross section of a radiation beam, and therefore carried out pattern formation may be supported,

The substrate table constituted so that a substrate may be held,

The projection system arranged so that the radiation beam which carried out pattern formation may be projected on the target part of a substrate,

Lithography equipment equipped with the liquid distribution system constituted so that a part of space [ at least ] between the definitive element of said projection system and said substrate may be filled up with a liquid is offered,

Said liquid distribution system is equipped with a cellular reduction means, and said cellular reduction means is further equipped with a cellular detection means.

[0012]

It is recognized that the important cause of image degradation is dispersion of the drawing radiation by the air bubbles in a liquid. By reducing the magnitude and the consistency of these air bubbles, it is possible to reduce distortion of the image which reaches such dispersion and the substrate accompanying it, and the frequency and magnitude of a defect in the pattern which was able to be burned on the substrate by it are reduced. It is the type which it generates when the solution gas which air bubbles originate in atmospheric air, or originates in the gas-evolution element of lithography equipments, such as a photosensitive layer on a substrate, slips out of a solution by turbulence of a certain class. Thus, according to the liquid with which the formed air bubbles involve, a gas, and turbulence, the consistency of a number and distribution of magnitude change substantially. Very minute air bubbles are difficult to be hard to detect them and to

remove them using a standard approach, and especially since they affect the image moreover formed on a substrate still, they tend to cause a problem. In the activity in the situation of typical lithography equipment, the air bubbles with which a diameter becomes small to about 10nm continue deteriorating the engine performance, for example. If it has a cellular detection means, the feedback to this cellular detection means is attained, and can perform adjustment and optimization of a cellular reduction process.

[0013]

A cellular reduction means can be equipped with a cellular detection means. As for a cellular detection means, it is desirable to have one or more ultrasonic transducers. These converters emit a supersonic wave and receive the supersonic wave influenced by existence of the air bubbles in the liquid which them spread. The information about the magnitude of air bubbles and distribution of those number density is included in the information which an ultrasonic transducer brings about.

[0014]

An ultrasonic transducer can measure attenuation of ultrasonic wave as a function of a frequency again. The advantage of this technique is that the air bubbles which have a dimension far smaller than the wavelength of a supersonic wave are detectable. the magnitude as the wavelength of a supersonic wave with such measuring method same only by using only the amplitude of a signal -- or it will be limited to larger air bubbles than it.

[0015]

Other descriptions are that a cellular reduction means is equipped with a cellular clearance means.

[0016]

A cellular clearance means can have a deaerator, this deaerator is equipped with an isolated room, the space of the liquid upper part in this isolated room is maintained by the pressure lower than atmospheric pressure, and the gas which dissolved before promotes escaping from a solution, coming out and being pumped out. According to these deaeration processes, generating of the air bubbles by the dissolution atmospheric gas which slips out of a solution decreases dramatically. As for after a deaeration process, it is desirable to isolate a liquid from usual atmospheric air as much as possible.

[0017]

Other descriptions are supplying a continuous liquid flow on the definitive element of a projection system, and a substrate, in order that a cellular clearance means may convey air bubbles on the outside of a drawing field. This process is effective for especially removing the gas originating in the gas-evolution element of lithography equipment.

[0018]

Furthermore, a cellular reduction means can pressurize a liquid rather than atmospheric pressure at high voltage, in order to promote that minimize the magnitude of air bubbles and cellular formation gas dissolves into a liquid.

[0019]

The presentation of a liquid can be chosen so that it may have surface tension smaller than water. As for this, air bubbles reduce the inclination for disagreeable \*\*\*\*\* which especially harmful fear has and becomes active jamming of clearance treatment, and air bubbles to adhere to a substrate to an image. The inclination for air bubbles to adhere to a substrate and other components can be reduced by controlling the surface finish in contact with an immersion liquid. or [ that especially surface finish is ground so that it may have the minimum surface roughness ] -- or it is desirable for it to be arranged and to have a desirable characteristic length scale shorter than 0.5 micrometers.

[0020]

A cellular reduction means can process a liquid, before it is introduced in the space between the definitive element of a projection system, and a substrate. The advantage of this technique is improvement in the requirements for space, and a design degree of freedom. These elements make processing of the liquid of a large quantity easier, in order to use it, when liquids should be frequently exchanged in a circulation system in order to use it with two or more lithography equipments or. After processing can protect a liquid from atmospheric gas by putting only to gases, such as the nitrogen and the argon which are held under a vacuum and which are caused especially or are hard to dissolve in a liquid easily, or helium.

[0021]

The ultrasonic transducer of a cellular detection means can be arranged in the pulse echo configuration which receives the supersonic wave decreased by passing and spreading a liquid, after the same converter transmits a supersonic wave and is reflected by the boundary. The advantage of such arrangement is that the thing which the number of converters ends fewer and pass a liquid and for which a long signal path is



arranged relatively is more easy.

[0022]

As an exception method, a cellular detection means can have two ultrasonic transducers isolated spatially, arranges the 1st converter to transmission of a supersonic wave, and arranges the 2nd converter to reception of a supersonic wave. The decode of a signal which received by the converter for reception is more easy for the advantage of this arrangement, and it is being able to make smaller further effect by the irregular loss of signal caused by the non-regular reflection by the boundary.

[0023]

A cellular clearance means can be equipped with two ultrasonic transducers which has been arranged so that the stationary wave form of the supersonic wave which shuts up air bubbles in a nodal zone may be generated inside a liquid and which were isolated spatially optionally selectively. A cellular clearance means is arranged so that said air bubbles may be displaced by the activity of a phase adjustment means to coordinate with a converter, and a phase adjustment means carries out space migration of the air bubbles confined in a nodal zone and its interior. Air bubbles can be thoroughly conveyed to one side a liquid pool using such an approach, and air bubbles can be isolated there, and it can remove from a system.

[0024]

As for an ultrasonic transducer, it is desirable that it can operate on a megasonic frequency (it is in a 1MHz field). Some faults of the usual supersonic waves (low frequency), such as a collision (it is pushed away by the small particle and contamination of a liquid is brought about) with cavitation and the solid-state front face of air bubbles, are avoided by the megasonic wave.

[0025]

A cellular clearance means can have an electric-field generator for impressing electric field to a liquid, and this electric field can push away the air bubbles adhering to the interface inside a liquid. When the interface in question is a substrate, especially since a possibility of the air bubbles adhering to this substrate being in the focus of lithography projection equipment, therefore distorting an image more severely has such a description, it is useful. The line of the sense of electric field can distort near the air bubbles which have the dielectric constant of a perimeter liquid, and a different dielectric constant. Distribution of electric field pulls apart air bubbles from a front face, and this example operates based on the ability to do the force so that the body of a liquid may be made to advance, while air bubbles approach an interface or it is in contact with it. If it advances into the body of a liquid, the harmful effect of the air bubbles exerted on image quality will become smaller, and will once become removable more easily. Even if this approach is the case where the front face to which air bubbles adhered is hydrophobicity, it can be applied, and the need of applying a hydrophilic coat special to a substrate is reduced.

[0026]

A cellular clearance means can be equipped with the alternative heater for controlling temperature selectively, therefore controlling the magnitude of air bubbles selectively according to the presentation of air bubbles. It is possible by choosing so that only air bubbles may be heated and a surrounding liquid may not be heated to minimize unnecessary fluctuation of liquid temperature. If air bubbles raise those temperature, size will be expanded, therefore clearance will become easier. An alternative heater can be equipped with the source of microwave which operates on the frequency corresponding to the resonance frequency of the gas molecule (they are usually nitrogen and oxygen) which forms air bubbles. If the temperature sensitivity of the lithography equipment in a substrate field is given, compared with the case where this approach cannot but heat a liquid and air bubbles simultaneously, it will become possible to heat the gas in air bubbles more variously. Therefore, an efficient approach is acquired bigger energy than that for removing air bubbles from a liquid, and time.

[0027]

A cellular clearance means can be equipped with the particle input unit for introducing a particle into a liquid, and the particle stripper for removing a particle from a liquid. When this approach chooses a particle so that conveniently [ another appearance ] so that highly [ the activity of a particle ] or, air bubbles operate based on the principle that there is an inclination to adhere to the front face of the particle which exists in a liquid. Cumulatively, a particle offers big surface area to a liquid, and the contact opportunity between a particle and air bubbles increases it by it. The front face in question can be equipped with the inner surface accompanying these holes when a particle is porosity, an outer surface and. Therefore, a porosity particle offers the big particle front face which contacts a liquid rather than a nonvesicular particle. This example is effective, especially when being arranged so that it may have the front face (namely, front face which has high surface energy to a liquid) which a particle \*\*\*\*s into a liquid. In the case of the liquid containing



water, such a front face can be explained to be hydrophobicity. Since such arrangement operates so that the particle surface area to which air bubbles contact a liquid may be reduced, therefore it minimizes surface energy, it is convenient to adhesion of air bubbles. The electric attraction between air bubbles and a particle or other surface descriptions convenient to adhesion of air bubbles may exist.

[0028]

The air bubbles to which the particle adhered are removed from a liquid, when a particle stripper removes a particle from a liquid. A particle stripper can be equipped with a particle filter. Generally, the dimension of a particle is chosen so that it may be easy to remove them, and this approach offers an efficient means to remove even if it is even if very minute air bubbles.

[0029]

A cellular detection means can be equipped with the light source, a photodetector, and an optical comparator. The light source and a photodetector can be arranged so that the light emitted from the light source may pass some liquids and may spread between the light source and detectors, and after passing through and spreading some liquids, the comparator is arranged so that change of the ratio of the synchrotron orbital radiation which reaches a detector may be detected. Dispersion of light will be caused if air bubbles exist in a liquid. According to arrangement of the light source and a detector, such dispersion can cause the increment or reduction of a signal detected with a detector, and can analyze it to give the information about the number of air bubbles. Even if the projection equipment of the advantage of such arrangement is among normal operation, it is that continuous action is possible. When air bubbles are generated, exposure can be interrupted until it is possible to detect them in an early phase and a liquid becomes clarification again. Therefore, this description minimizes loss of time amount, and reduces the quantity of the substrate of the poor exposure manufactured.

[0030]

If everything but this invention is caused like 1 voice,

The exposure system arranged so that a radiation beam may be supplied,

The supporting structure constituted so that a pattern formation means to offer the radiation beam which it is possible to give a pattern to the cross section of a radiation beam, and therefore carried out pattern formation may be supported,

The substrate table constituted so that a substrate may be held,

The projection system arranged so that the radiation beam which carried out pattern formation may be projected on the target part of a substrate,

The liquid distribution system constituted so that a part of space [ at least ] between the definitive element of said projection system and said substrate may be filled up with a liquid,

It has the detection system arranged so that the impurity containing the light source, a photodetector, and an optical comparator in said liquid may be detected. Said light source and said photodetector It is arranged so that the light emitted according to said light source may pass said some of liquids and may spread between said light sources and said detectors. Further said comparator After passing through and spreading said some of liquids, the lithography projection equipment arranged so that change of the ratio of said synchrotron orbital radiation which reaches said detector may be detected is offered.

[0031]

A detection system can be arranged so that the particle in the definitive element of a projection system and the liquid between substrates may be detected. In order to control the optical property of a liquid and to raise the engine performance of lithography equipment, a particle can be introduced scrupulously. This is realizable by making the minute particle of Xtal \*\*\*\*. In this case, it can check that the particle exists by the desirable ratio using a detection system. Or there is a possibility that a harmful particle like the particle which secedes from the front face in contact with an immersion liquid may advance into a system accidentally. In such a case, these particles are detected using a detection system, and an alarm procedure can be started when distribution of such grain density and/or magnitude exceeds a predetermined threshold. By the early detection in question (lack of a \*\* better particle or excess of the particle which is not desirable), it becomes possible to take correction measures promptly, and it helps to minimize loss of time amount, and loss of the ingredient accompanied by poor drawing.

[0032]

If everything but this invention is caused like 1 voice,

The process which offers the substrate by which at least the part is covered in the layer of a radiation induction ingredient,

The process which supplies a radiation beam using an exposure system,

The process which uses a pattern formation means to offer the radiation beam which gave the pattern to the cross section of a radiation beam and therefore carried out pattern formation,  
The process which projects the radiation beam which carried out pattern formation on the target part of the layer of a radiation induction ingredient,  
The process which offers the liquid distribution system constituted so that a part of space [ at least ] between the definitive element of a projection system and said substrate may be filled up with a liquid,  
The device manufacture approach including the process which detects and reduces the air bubbles in said liquid distribution system is offered.

[0033]

This invention is if others are further caused like 1 voice,  
The exposure system arranged so that a radiation beam may be supplied,  
The supporting structure constituted so that a pattern formation means to offer the radiation beam which it is possible to give a pattern to the cross section of a radiation beam, and therefore carried out pattern formation may be supported,  
The substrate table constituted so that a substrate may be held,  
The projection system arranged so that the radiation beam which carried out pattern formation may be projected on the target part of a substrate,  
The liquid distribution system constituted so that a part of space [ at least ] between the definitive element of said projection system and said substrate may be filled up with a liquid,  
If said active state was chosen and liquid quality is less than the predetermined threshold condition, when being measured, if it had the liquid quality monitor which can switch the operating state of projection equipment between an active state and a suspended state and liquid quality has exceeded the predetermined threshold condition, when being measured, the lithography projection equipment which chooses said suspended state is offered.

[0034]

According to such a description, early detection of a defect is attained and the time amount by exposure [ nonconformity substrate ] and unnecessary loss of an ingredient are avoided. A predetermined threshold can be based on parameters, such as threshold value to the magnitude of air bubbles and/or a number of distribution which are detected by the cellular detection means. As an exception method, a predetermined threshold may be related with the magnitude of other particles in a liquid, and/or the threshold value to distribution of a number.

[0035]

Although it may mention specifically using lithography equipment in manufacture of an integrated circuit in the text, please understand that there may be other applications like \*\*, such as induction for an integrated optics system and magnetic domain stores and a detection pattern, a liquid crystal display (LCD), and the thin film magnetic head, in the lithography equipment explained to this description. In the context of the application by such exception method, it will be understood by this contractor that it can be considered that each activity of vocabulary called a "wafer" or a "die" of this description is synonymous with vocabulary called "a more general substrate" or more general "target part" respectively. the substrate which makes reference on these descriptions -- before exposure -- or in a truck (a means to apply the layer of a resist to a substrate typically, and to develop a resist [ finishing / exposure ]), measurement, or an inspection means, it can process later. If application is possible, disclosure of this invention is applicable to such a means and other substrate processing means. Furthermore, in order to create a multilayer integrated circuit so that the substrate which has already contained the layer which carried out multiple-times processing using vocabulary called the substrate used for this description may also be pointed out for example, it is possible to process a substrate twice or more.

[0036]

When calling it a "supersonic wave" or an "ultrasonic sound", as long as there is no special reference, this should interpret it as the thing about the acoustic wave in the frequency of bigger arbitration than the upper limit of a human acoustic sense (that is, it exceeds 20kHz).

[0037]

Vocabulary called "radiation" and the "beam" which are used for this description includes all the classes of electromagnetic radiation including ultraviolet-rays (UV) radiation (for example, it has 365, 248, 193, 157, or the wavelength of 126nm).

[0038]

In order to create a pattern in the target part of a substrate, and to give a pattern to the cross section of a

projection beam, he should understand the vocabulary a "pattern formation means" to use it on these descriptions, in the thing and wide sense which point out an usable means. The pattern given to the projection beam should care about a certain thing, also when you do not correspond to the desirable pattern in the target part of a substrate strictly. Generally, the pattern given to the projection beam will correspond to the specific stratum functionale in a device like an integrated circuit currently created in the target part.

[0039]

A pattern formation means may be a transparency mold or a reflective mold. A mask, programmable Miller Alley, and a programmable LCD panel are contained in the example of a pattern formation means. With lithography, it is known well and, as for a mask, not only the class of masks, such as a binary mold and alternation phase shift mold and an attenuation phase shift mold, but the class of various compound-die masks is included. In the one example of programmable Miller Alley, matrix arrangement of small Miller is used, since the radiation beam which carries out incidence is reflected in the different direction, each Miller of the array can incline according to an individual, and pattern formation of the beam reflected by such method is carried out. In each example of a pattern formation means, although the supporting structure may be a stand or a table, if needed, fixed or working is possible for it, and it can secure a pattern formation means in a desirable location for example, to a projection system, for example. It can be considered that each activity of vocabulary called "reticle" or a "mask" of this description is synonymous with the vocabulary more general "pattern formation means."

[0040]

the exposure radiation for which the vocabulary the "projection system" used on these descriptions is used, including dioptric system, catoptric system, and cata-dioptric system -- or please interpret the activity of an immersion liquid, or a vacuous activity in the thing and wide sense which include the projection system of suitable various classes for other elements. It can be considered that each activity of the vocabulary the "lens" of this description is synonymous with vocabulary called more common "projection system."

[0041]

A refraction optical element, a reflected light study element, and a reflective refraction element are included, it should be interpreted by the thing and wide sense which include the optical element of various classes for guiding, fabricating or controlling the projection beam of radiation, and, below, an exposure system can also call such an optical element a "lens" collectively or independently.

[0042]

Lithography equipment may be a class which has a substrate table (and/or, two or more mask tables) more than two (2 ream stage). By such "multiple-string stage" machine, a reserve process can be performed for an additional table on one or more tables, and one or more of other tables can be used for exposure on the other hand.

[0043]

Here, with reference to an attached mimetic diagram, the example of this invention is explained only as instantiation.

[Example]

[0044]

The part to which a corresponding reference mark corresponds by a diagram is pointed out.

[0045]

"Example 1"

Drawing 1 shows typically the lithography equipment according to one specific example of this invention. This equipment,

The exposure system IL for supplying the projection beam PB of radiation (for example, ultraviolet radiation or far-ultraviolet-rays radiation) (exposure machine)

The 1st supporting structure MT connected with the 1st positioning means PM for supporting the pattern formation means (for example, mask) MA, and positioning a pattern formation means to accuracy to Element PL (for example, mask table)

the substrate table (for example, wafer table) WT connected with the 2nd positioning means PW for holding Substrate (for example, resist spreading wafer) W, and positioning a substrate to accuracy to Element PL -- and

It has the projection system (for example, refraction projection lens) PL for drawing the pattern given to the projection beam PB by the pattern formation means MA on the target part C of Substrate W (for example, one piece or two or more dies being included).

[0046]

This equipment is a transparency mold as shown in this drawing (for example, a transparency mold mask is used.). As an exception method, this equipment may be a reflective mold (for example, programmable Miller Alley of the class which made reference in the top is used.).

[0047]

The exposure machine IL receives the beam of radiation from the radiation source SO. The radiation source and lithography equipment may be the independent elements of another object, for example, when this radiation source is an excimer laser. In such a case, it is not considered that the radiation source is what constitutes some lithography equipments, but a radiation beam is sent to the exposure machine IL by assistance of the beam sending-out system BD equipped with suitable induction Miller and/or a beam dilator, for example from the radiation source SO. In other case, when the radiation source is a mercury lamp, the radiation source may be the one part of this equipment, for example. The radiation source SO and the exposure machine IL can be called a radiation system with the beam sending-out system BD (if required).

[0048]

The exposure machine IL can be equipped with the adjustment device AM for adjusting the angle intensity distribution of a beam. Generally, even if there are little intensity distribution within the pupil flat surface of an exposure machine, a circumradius and/or the inradius range (it is usually called sigma circumradius and sigma inradius, respectively) can be adjusted. Furthermore, the exposure machine IL is equipped with other components with various Integrators IN, substage condensers CO, etc. An exposure machine is called the projection beam PB and supplies the condition beam of the radiation which has desirable homogeneity and intensity distribution to the cross section.

[0049]

Incidence of the projection beam PB is carried out on the mask MA currently held on the mask table MT. The projection beam PB passes the lens PL which focuses this beam on the target part C of Substrate W, after intersecting Mask MA. In order to position a different target part C in the path of Beam PB, for example by assistance which is the 2nd positioning means PW and position-sensor IF (for example, interference pattern component), the substrate table WT is movable to accuracy. after similarly using the 1st positioning means PM and the position sensor (this is not specified by drawing 1) of an exception, for example, taking out mechanically from a mask library, Mask MA can be positioned to accuracy to the path of Beam PB at the time of a scan. Generally, migration of the body tables MT and WT will be performed by assistance of the long stroke module (rough positioning) which constitutes a part of positioning means PM and PW, and a short stroke module (detailed positioning). However, in the case of a stepper, (scanner of connecting difference) and the mask table MT only with a short stroke actuator is also good, or you may fix. Alignment is possible for Mask MA and Substrate W using the mask-alignment indicators M1 and M2 and the substrate alignment indicators P1 and P2.

[0050]

The equipment of a graphic display can be used by the following desirable method. namely

1. By the step method, while projecting the whole pattern given to the projection beam on the target part C for one attempt, hold the mask table MT and the substrate table WT to a quiescent state intrinsically (namely, single static exposure). Subsequently, the substrate table WT is moved in the direction of X, and/or the direction of Y so that a different target part C can be exposed. By the step method, the greatest magnitude of an exposure field limits the magnitude of the target part C drawn by single static exposure.
2. In a scanning mode, while projecting the pattern given to the projection beam on the target part C, scan the mask table MT and the substrate table WT synchronously (namely, single dynamic exposure). The rate and direction of the substrate table WT over the mask table MT are decided by the dilation ratio (cutback/) and the image reversal description of the projection system PL. In a scanning mode, the migration die length of a scan determines the height (it can set to a scanning direction) of a target part to the greatest magnitude of an exposure field limiting the width of face (it being able to set to a non-scanning direction) of the target part in single dynamic exposure.
3. By another method, while projecting the pattern given to the projection beam on the target part C, keep the mask table MT essential to a quiescent state, and hold a programmable pattern formation means, and move or scan the substrate table WT. a pattern formation means programmable [ using the pulse radiation source generally by this method ] -- after each migration of the substrate table WT -- or it updates if needed in the intervals of the continuous radiation pulse at the time of a scan. Such a method of operation is easily applicable to the mask loess lithography using programmable pattern formation means, such as programmable Miller Alley of the class which made reference in the top.

[0051]

It is also possible to use the combination about the method used explained above and/, transformation, or completely different method used.

[0052]

Drawing 2, and 3a and 3b are drawings showing the liquid distribution system by one example of this invention, and were explained in the top. Other liquid distribution systems can be used according to the example of this invention including the cistern and closure member which were explained not in definition but in the top.

[0053]

Drawing 4 is drawing showing the liquid distribution system 1 and the cellular reduction means 3a/3b by one example of this invention. these cellular reduction means 3a/3b -- directly under [ of a projection lens ] - or (3a) it can be located on the outside of a drawing shaft (3b). The liquid distribution system 1 supplies a liquid to eye 13 a liquid pool between the projection lens PL and Wafer W. Although this liquid is chosen so that it may have a big refractive index preferably more nearly substantially than 1, that semantics can resolve a configuration configuration with the wavelength of a projection beam smaller [ that it can be / direction / short, therefore can set in a liquid ] than the inside of air or a vacuum. The resolution of a projection system is divided and being decided by the wavelength of a projection beam and numerical aperture of a system is known well. Moreover, it is thought by existence of a liquid that effective numerical aperture increases.

[0054]

If the liquid is put to atmospheric air, a part of atmospheric gas may dissolve into a liquid. If a liquid is disturbed (by a certain cause), there may be a possibility of causing formation of air bubbles, and the air bubbles of that may be very detailed according to the liquid which involves, a gas, and turbulence. Although detailed air bubbles are dramatically difficult to detect using a standard approach if a diameter becomes small to about 10nm, they still block the drawing engine performance of exposure radiation, and distort an image, therefore cause the baking defect on a wafer. Air bubbles have a possibility of advancing into eye 13 a liquid pool by the gas evolution from such lithography vessel internals again, when the photosensitive layer on Substrate W is exposed.

[0055]

A part of eye [ at least ] this liquid pool touches the closure member 17 and boundary which are positioned under the definitive element of the projection lens PL, and enclose it. Attaining this closure member 17 to the upper part more slightly than the definitive element of the projection lens PL, the level of a liquid becomes higher than the soffit of the definitive element of the projection lens PL. It has the internal periphery which the upper bed serves as strictly a stage of a projection system, or its definitive element with a \*\* form, for example, the closure member 17 is circular, and is obtained. Although an internal periphery is a \*\* form at the pars basilaris ossis occipitalis as strictly as the configuration of a drawing field, for example, a rectangle, it is good in the configuration of arbitration.

[0056]

It is prepared in the gap of a between under a pressure at the closure soma material 17 and Substrate W, and a liquid can be confined in eye a liquid pool between the closure member 17 and Wafer W with the non-contact closure objects 16, such as a gas seal formed by the same gas which does not dissolve easily into gas, for example, nitrogen, an argon, helium, or liquid. Optionally selectively, in order to maintain a liquid in the application-of-pressure condition, a liquid is shut up between the closure member 17 and the projection lens PL by the closure member 14. As an exception method, it is possible to omit the closure member 14, and a liquid is shut up with gravity.

[0057]

The cellular reduction means 3 can be equipped with a cellular clearance means. Although drawing 4 is drawing showing one mode of a cellular clearance means, it pours a liquid continuously and passes the projection lens PL and Substrate W. Such actuation is effective for especially carrying away air bubbles from the gas produced in the liquid pool 13 interior, for example, the gas which occurs by the gas evolution from Substrate W. A liquid is introduced into eye 13 a liquid pool through the passage 23 where at least the part is formed in the closure member 17. The passage which can be constituted from an exhaust port in the gas for supplying the non-contact closure object 16 and/or the inlet list for liquids, and collaboration are possible for such passage 23. For example, a liquid can be arranged so that gas exhaust may absorb from the latest liquid pool field of the non-contact closure object 16 and continuous flow may be sent out.

[0058]

The cellular reduction means 3 can be equipped with the cellular detection means 4. Drawing 5 is drawing showing two kinds of arrangement of the ultrasonic transducers 5a/5b in the cellular detection means 4. In the detection principle used on these descriptions, the amplitude of a supersonic wave declines for Rayleigh scattering from the air bubbles in liquid. This attenuation of ultrasonic wave is the function of distribution of the magnitude of air bubbles, and the consistency (namely, number per unit volume) of a number. With the left figure, after an ultrasonic transducer emits a pulse, and the pulse passes an immersion liquid and being reflected from the boundary of the liquid pool interior (eye 13 a liquid pool or other eyes a liquid pool with the some outside of for example, a drawing shaft), it is received by the same converter 5a. Such arrangement of converter 5a is known as "pulse echo" arrangement. Such pulse echo arrangement is [ that what is necessary is to need only single converter 5a ] easy to have a still bigger propagation path between discharge and detection, and since it therefore helps the maximization of sensibility to air bubbles, it is effective. However, there is a possibility of an irregular echo occurring and causing loss of a signal. Since to wait for the return of a pulse is required before emitting another pulse, a sampling rate may also be limited. This problem is solvable, if converter 5a is arranged so that radiation and a receipt can be performed in parallel. One arrangement by the exception method which uses two converter 5b whose each is exclusively for radiation of a supersonic wave or a receipt is shown in the right-hand side of drawing 5 . It is possible to emit a series of pulses promptly in this arrangement, and since an acoustic wave pulse moves directly further between converter 5b, this arrangement does not wear an irregular reflection effect.

[0059]

Attenuation is measured as a function of a frequency, in order to detect air bubbles far smaller than the wavelength of an ultrasonic signal. This can be performed using a broadband converter and excitation. if attenuation is measured only on a single frequency -- the magnitude of extent as the wavelength of an acoustic wave signal with the same detection -- or it is limited to the air bubbles which have a larger diameter than it.

[0060]

Although drawing 6 is drawing showing one another mode of the cellular clearance means by one example of this invention, two ultrasonic transducer 5c which operates with a signal generator 9 and the phase which shifted to mutual with the phase accommodation means 8 is arranged so that the stationary wave form 6 may be generated in the liquid between the front faces of converter 5c. Although drawing 6 shows the stationary wave which consisted of sine waves in which it interferes, this stationary wave may be the periodic gestalt (for example, a square wave or a saw tooth wave) of arbitration. The above figure expresses the arrangement in the 1st flash, and the following figure shows the same arrangement in a subsequent flash. The air bubbles (for example, 2) which exist in a liquid tend to be localized by about seven nodal zone of a stationary wave 6. The phase adjustment means 8 acts so that an arrow head 25 may show, and the location of a knot may be moved toward two one side or another side of ultrasonic transducer 5c. The shut-up air bubbles 2 move together with migration of the knot which goes to the converter 5c concerned, therefore are conveyed at the edge of eye a liquid pool. In drawing 6 , the variation rate of the sample air bubbles 2 with which such migration was shut up toward left-hand side so that an arrow head 26 might show is shown by the displaced vertical broken line which penetrates the core of the shut-up air bubbles 2, when [ two ] continuous. Once the air bubbles of a fixed consistency are accumulated near [ one ] the converter 5c, the liquid in this field can be separated, and it can remove from eye a liquid pool, and air bubbles can be carried together with a liquid.

[0061]

[ whether the supersonic wave currently explained to the Europe patent application 03253694.No. 8 description which incorporates the whole as reference here is used for a cellular clearance means, and ] Or it can operate using the higher frequency known as a megasonic wave (about 1MHz) which avoids some faults (there is a possibility of the cellular collision with cavitation and a wall being caused, and a small particle breaking from a wall, falling, and polluting a liquid) of the conventional supersonic wave based on the same principle. Even if it is the case where the supersonic wave of a lower frequency is used as an exception method, ultrasonic energy can be controlled and the probability or extent of cellular cavitation can be reduced. Furthermore, use a supersonic wave, smaller air bubbles are made to coalesce, and it goes up more quickly, therefore can also be more easily made removable bigger air bubbles. Other cellular reduction means are possible what [ not only ] is explained to the above-mentioned Europe patent application description possible but by removing a liquid by low solubility gas like helium, using the thin film probably combined with \*\*\*\*\*. In fields, such as micro electronics, medicine manufacture, and a power application, in the gas, the thin film is already used, in order to remove gas from a liquid. A liquid is pumped up through



the bundle of thin film tubing of half-porosity. The size arrangement of the gas which the hole of a thin film should remove although a liquid cannot pass it is carried out so that it can pass, and the ingredient is chosen. Therefore, a liquid is deaerated. This process is accelerable by impressing a low pressure to the outside of tubing. Celgard of U.S. North Carolina Charlotte Liqui-Cel(trademark) Membrane available from Membrana-Charlotte which is one operation division of an Inc. company Contractors is suitable for such an application.

[0062]

The clearance by low solubility gas is a known technique which is applied to the high performance chromatography, in order to prevent eye cellular \*\*\*\*\* in a reciprocating-pump head. When extracting low solubility gas from the whole liquid, it drives out other gas, such as a carbon dioxide and oxygen.

[0063]

Drawing 7 shows the deaerator 10 of a cellular clearance means to follow one example of this invention. This deaerator 10 is equipped with the isolated room 11 in which the liquid which should be deaerated is held. A deaerator 10 extracts gas from an isolated room 11, and is further equipped with the pump 12 arranged so that a low voltage condition may be eventually realized inside. In order to prevent ebullition, it is desirable to choose the minimum pressure so that it may become larger than the maximum vapor tension of the liquid currently used (for example, being a room temperature with water about 23mb). Once it will be in a low voltage condition, the gas dissolved into the liquid will secede from a solution, and will be drawn up with a pump 12. Such a process can be promoted by raising the temperature of a liquid. For example, typically, if it operates between 40 degrees C and 50 degrees C, a deaeration rate will become quick about 10 times. If a deaeration process is completed (i.e., if it becomes impossible to extract from a liquid the gas which dissolved more than it), an isolated room 11 is isolable by closing the door 15 located above a liquid. A liquid should be maintained at the isolation condition from atmospheric air until it is moved into eye 13 a liquid pool, in order to use it. A liquid can be held under the gas which is under a vacuum or is hard to dissolve in liquids, such as nitrogen, an argon, or helium.

[0064]

Drawing 8 is drawing showing the liquid pressurizer 22 by one example of this invention which plays the role which pressurizes the liquid of eye a liquid pool rather than atmospheric pressure at high voltage. It has the effectiveness which promotes that a high pressure minimizes the magnitude of air bubbles, and air bubbles dissolve it into a liquid. The equipment shown in drawing 8 consists of a piston 19 and an inner hole 21. A liquid will be pressurized if a piston is pushed in into an inner hole. The valve 18 is provided in the soffit of this equipment so that a liquid can be transported into the liquid distribution system 1. The pressure gage 20 equipped with an insurance blowoff valve for the monitor object is formed.

[0065]

As shown in drawing 4, the cellular reduction means 3 can be equipped with the element of the interior 13 a liquid pool and the outside of eye 13 a liquid pool (please refer to 3a and 3b of drawing 4, respectively.). The advantage which has an element on the outside of the exposure space 13 is that technical requirements, such as an amount of available space or a permissible level of an oscillation and heat leakage, are eased considerably. Not only the design cost of a processing element falls, but the possibility of large quantity processing opens by this. It becomes possible to prepare a liquid for a single station to use it with some lithography equipments by such large quantity processing, or it also becomes possible to supply the condition liquid of a large quantity for the system or liquid with which a continuous liquid throughput exists to use it by the system exchanged frequently.

[0066]

A cellular reduction means 3 by which it is located in the interior 13 a liquid pool is effective for especially management of the air bubbles generated unescapable in the interior 13 a liquid pool by a gas evolution etc.

[0067]

The presentation of a liquid is selectable so that it may have surface tension smaller than water. Although the inclination (it is rapid by especially small air bubbles) for air bubbles to adhere to a substrate falls by this, such air bubbles especially have a possibility of damaging an image, and may block clearance treatment. This is realizable by adding to a liquid the component which chooses the pure liquid which has smaller surface tension and for which it is especially based or surface tension of a liquid like a surfactant is reduced.

[0068]

Especially since the air bubbles adhering to the front face of Substrate W have them near the focus of projection equipment, they are harmful. Therefore, an image tends to receive the serious distortion by



diffraction. One example of this invention offers a means to remove such air bubbles and the air bubbles which more generally adhered to the interface of the arbitration inside an immersion liquid. Although such an example is illustrated to drawing 9, it is related with removing air bubbles from Substrate W in this case. In this example, two electrodes 27a and 27b are arranged in the field between the definitive element of the projection system PL, and Substrate W, and each is connected to the terminal of a power source 28. It is also possible to use some existing equipments as an electrode as an exception method. For example, Substrate W can form one electrode in cooperation with the 2nd electrode like 27a. If such arrangement is energized, to the shaft of the projection lens PL, it will be substantially parallel and the uniform electric field prolonged to the liquid field close to a target interface will be generated. Air bubbles have a different dielectric constant from the dielectric constant of a perimeter liquid, therefore distort the line of the sense of the electric field in the perimeter field of air bubbles. When air bubbles approach interfaces, such as a substrate (W), it is possible to distort the line of the sense of electric field so that air bubbles may receive the force, the line of such sense of electric field can be guided so that it may separate from the front face concerned, air bubbles can be made to be able to transform, it can release from a front face eventually, and the body of a liquid can be made to advance. In the situation of drawing 9, the magnitude of electric field can be arranged so that the pressure which joins air bubbles with the liquid located above air bubbles, and the force in which the others produced from factors, such as surface tension, counter may be overcome. In the one desirable example, the potential difference between Electrodes 27a and 27b is 100 direct current voltage. However, the combination of the source of alternating voltage or the source of alternating voltage, and direct current voltage supply is usable. A decisive parameter is field strength and it is influenced by the magnitude of the potential difference, and inter-electrode separation. Furthermore, the non-homogeneity electric field of orientation which reaches and is different are also effective, and it obtains. The front face of Substrate W is hydrophobicity, and this approach transforms air bubbles, and even if it is a time of the big energy barrier accompanying separating it from a front face existing, it is applicable. This means that there is already no need of processing the front face specially by applying a hydrophilic coat to Substrate W etc.

[0069]

It is necessary to take the trouble on some designs into consideration. The conductivity of a liquid should be controlled carefully. Since generating of electric field will become difficult especially if conductivity is too high, it is required for there to be nothing past [ high ]. For example, the water which has the resistivity of about 0.8 to 18.2 MOhm\*cm can be used. Moreover, in order to prevent electrolysis and disassembly of the subsequent matter, as for Electrodes 27a and 27b, being protected from decomposition by the isolator 29 is desirable. The conductivity and/or the dielectric constant itself of an electrode must be high compared with an immersion liquid. One result [ according to / this ] is that a drop to the extent that it accepts to the potential inside conductor material certainly does not arise, and can help generating of inter-electrode uniform electric field by it.

[0070]

It turns out that the electric force can cause adhesion between air bubbles and the particle distributed in liquid again. The air bubbles in liquid have the electrokinetic potential (namely, F-potential) which brings about the potential difference between the ion sets (ionic concentration) which carried out full dissociation in the cellular front face and the body of a liquid on those front faces. This corresponds also to a small particle.

[0071]

According to one example of this invention, potential can be impressed to one or more bodies of immersion equipment using a power source or the electrical-potential-difference power source V (namely, the generator or supply source of a charge, an electrical potential difference, electric field, or the potential difference). Although the potential difference will be generated between the ion sets and bodies in which the liquid carried out full dissociation if repulsive force is required for the principle of operation, the potential difference is the same polarity as the potential difference between the ion sets which carried out full dissociation and the cellular front faces in the body of a liquid. If attraction is required between a body and air bubbles, the potential difference should have the same polarity. Thus, the force can be generated to air bubbles so that it may separate from it toward the body (electrode) in contact with an immersion liquid.

[0072]

In drawing 10, the body with which some differ has the potential or the charge impressed to them. such [ this example ] one body -- or other bodies to the body which operates with the combination of objective arbitration and is not illustrated actually are usable as an exception method similarly.

[0073]

Although it is the most promising candidate for using it as an immersion liquid on the projection beam wavelength of 193nm with pure water, the surface potential of micrometer air bubbles is [ about ]. -It turns out that it is 50mV. This potential changes with magnitude of air bubbles, and changes also with classes of immersion liquid. However, to other immersion liquids and the magnitude of air bubbles, the same principle as what is explained on these descriptions is usable, and can apply this invention to them thoroughly. An additive can be added to an immersion liquid and the effectiveness of potential can also be changed. He is the candidate of the additive with suitable calcium chloride or sodium chloride for this object.

[0074]

In drawing 10, six different bodies are illustrated and potential, an electrical potential difference, or a charge can be impressed to them. As for these bodies, it is desirable that it is in contact with the immersion liquid. However, the need does not exist theoretically. One of the bodies of these is Substrate W, and it is desirable that electrification of the potential of a cellular front face and the same polar potential is carried out to this substrate W. Thus, air bubbles require the force directly pulled apart from Substrate W to it, and the effect of air bubbles to the projected image minimizes them. Independently, the potential of a cellular front face can carry out electrification of the body 50 close to the definitive element of a projection system, or the definitive element of the projection system PL to the potential of objection of a polarity, combining the electronegative potential on Substrate W. This will draw air bubbles toward the definitive element of a projection system, and will have the effectiveness pulled apart from a substrate by it. The configuration of the body 50 (electrode) close to the definitive element of the projection system PL is good in the configuration of arbitration. Tabular is sufficient as it, or annular is sufficient as it so that the projection beam PB may pass through the core of an electrode 50.

[0075]

It is also possible to adhere the body which should have the electrical potential difference which should be carried out electrification, and by which the \*\*\*\* seal of approval was carried out as an exception method to the front face of the closure member 17. In drawing 10, these bodies are adhered to the internal surface of the closure member 17. Two electrodes 52 and 54 are located in the both sides of a barrier member, respectively, and electrification is carried out to reverse potential so that it may illustrate. Probably by this method, air bubbles can be drawn in the direction of a \*\*\*\*\* exhaust port on the body of one side or another side. One or more bodies by which electrification is carried out to the potential which has a different polarity from the polarity of the potential of a cellular front face as an exception method may be prepared on the outskirts of the inside of the closure member 17 (it is in contact with the immersion liquid). By this method, the air bubbles in the definitive element of the projection system PL and the immersion liquid in the space 36 between Substrates W are pulled apart from the optical axis of equipment, and the path of the projection beam PB of resulting in Substrate W by it is made not to be blocked by air bubbles remarkably.

[0076]

Another part which should use this example is the upstream of the space 36 between the definitive elements of the projection system PL and Substrates W in a liquid distribution system. In this case, if an immersion liquid flows through a housing 58 along with a conduit 56, the plates 62 and 64 which electrification is reversely carried out and counter will generate the force to air bubbles, but this force is more effective for pulling apart air bubbles from a substrate in the distance further than the case where air bubbles are pulled apart from Substrate W without impressing electric field to the upstream of space 36, when an immersion liquid is in space 36. The immersion liquid which has the air bubbles of high density, i.e., the immersion liquid of the electrode 64 neighborhood, can be removed, and space 36 is not supplied. The removed liquid can receive cellular clearance processing, before being reused within a liquid distribution system.

[0077]

In all the above examples, as the electrical potential difference impressed by the voltage generator V is high, the force over air bubbles becomes larger so much. Although potential on a body should not be made so high that dissociation of an immersion liquid is caused, this invention should make it high to sufficient extent to apply the force to air bubbles so that effectively. In the immersion liquid which mainly consists of water, from 5mV, the typical potential difference impressed to a body according to this example is 5V, and is 10mV to 500mV preferably. 500mV [ 5mV/mm by impression of potential to //mm ] electric field are recommended.

[0078]

Drawing 11 is drawing showing one example of a cellular clearance means by which the advantage of the cellular elimination factor raised substantially, without being accompanied by too much effect to an immersion liquid is acquired. Improvement in an elimination factor is realized by heating and increasing the

magnitude of the air bubbles in an immersion liquid. If the magnitude of air bubbles increases, the responsibility will become high to almost all the cellular clearance approach. This is realized by the immersion liquid itself by the activity of the source 30 of microwave radiation which generates the radiation which is not combined, without being accompanied by the inconvenient heating effectiveness into a component sensitive to an immersion liquid or ambient temperature, although it combines only with the gas in the air bubbles itself. Although a and b of drawing 11 are the typical enlarged drawing showing an immersion liquid, they illustrate the method of actuation of this process. The microwave photon 32 is absorbed by cellular 31a of instantiation at temperature T1, subsequently is heated, and is set to bigger cellular 31b at temperature T2. Once the temperature of air bubbles rises rather than the temperature of a surrounding immersion liquid, lifting of some of immersion liquid temperature will arise unescapable immediately near each air bubbles. However, it is expected that the sum total heat capacity of air bubbles and the thermal conductivity of an immersion liquid are so small that they can maintain heating of an immersion liquid in a tolerance limit. Generally, the frequency component of microwave radiation is chosen so that it may correspond to the resonance frequency or excitation mode of chemical species which exists in air bubbles. The big fractions of the gas which forms air bubbles are nitrogen and oxygen, and, in the case of target many, the frequency of the microwave which should be used by the resonance mode of these molecules is specified in that case.

[0079]

Drawing 12 is drawing showing one example by the exception method of a cellular clearance means. In this drawing, the particle which the particle input unit 33 commits so that air bubbles may be drawn on a front face is introduced into an immersion liquid. These particles are mixable with an immersion liquid with natural distribution or intentional stirring. These particles can be left in an immersion liquid over the period determined according to the consistency of air bubbles. For example, if the consistency of air bubbles is dramatically high, a particle needs to be in a saturation state quickly and it is necessary to renew it after a short time relatively. On the other hand, if a cellular consistency is low, a particle can stop at far long time amount and an active state. Once it is less than a threshold level with a cellular fixed consistency as the activity of a particle, or an exception method, a particle is removable from a liquid with the particle stripper 34. This particle stripper can be equipped for example, with a particle filter. According to the example of drawing 11, it is combined with passage 23, in order for the particle input unit 33 and the particle stripper 34 to pass through a field 36 and to circulate an immersion liquid by the circuit which arrow heads 37 and 38 show. As an arrow head 38 shows, the circuit concerned is closed, or as an arrow head 37 shows, it can also include the input and output to a main circuit or other sources of feed water. A used particle can be processed with the particle regenerative apparatus 35, and air bubbles can be removed from a particle. Such a deaeration process is realizable with the pumping for example, to a particle content solution, or the direct pumping to the particle itself. Subsequently, in order that a beautiful particle can be reintroduced into an immersion liquid and these particles may catch air bubbles in an immersion liquid again with the particle input unit 33, it will work effectively.

[0080]

Preferably, in order to reduce the surface energy of air bubbles, a particle is arranged so that it may have the surface description to which it urges that air bubbles adhere to a front face. Furthermore, it is also desirable to arrange so that it may have the biggest possible surface area. This is realizable with the activity of a perforated particle so that air bubbles can adhere on the front face of the inside inside a particle. Generally, such a parameter can be changed by controlling the magnitude of a particle, distribution of a number, and the porosity of a particle. So big additional surface area may be equipped so that a hole becomes minute, but since these holes except bigger air bubbles compared with the air bubbles or hole which is comparable magnitude (a hole may be closed by such air bubbles), it may be necessary to take balance of the magnitude of a hole. Many various particle constituents, for example, a silica, a zeolite, an alumina, activated carbon, or a carbon molecular sieve can be used. Some polymer constituents are also usable. Although the magnitude of a particle is an element (comparing with surface area) with a lower significance, the range of typical magnitude is good from the diameter of 5 micrometers at 1000 micrometers.

[0081]

In both drawing 12, the particle input unit 33 and the particle stripper 34 are located in the outside of a field 36. However, these components can also be arranged so that a direct particle may be added and removed inside this field.

[0082]

On the other hand, law is sometimes performing ultrasonic stirring combining the liquid by the exception

method which introduces a particle into a liquid which is not deaerated. A particle is emitted by the cavitation of air bubbles from the solid-state front face put to the liquid.  
[0083]

Drawing 13 is the typical sectional view showing the lithography projection equipment between Mask MA and Substrate W. This drawing shows some possible examples of this invention arranged so that a cellular detection means or a detection system may spread light between the light source 39 and a detector 40. Existence of air bubbles (in the case of a cellular detection system) or a particle (in the case of a detection system) is checked by the change in the luminous intensity which reaches a detector 40 produced by the light scattered about from the air bubbles or particle inside a liquid. Although drawing 13 shows one possible arrangement, the light source 39 is arranged so that a beam of light may be guided into an immersion liquid through an optical fiber 41. Light will be scattered about by them, if a liquid is passed through and spread and air bubbles or a particle exists. Although an arrow head 42 shows the instantiation path of a scattered-light line, it turns out that it passes through a projection lens system and spreads to a detector 40. Preferably, wavelength is chosen as a photoresist did not respond to light. Drawing 14 and 15 are the enlarged drawings showing a substrate field, and show how light is sent out into an immersion liquid. In drawing 14, after an optical fiber 41 penetrates and lets out the closure member 17 and reflects directly or several times, it advances into a field 36. Drawing 15 shows one arrangement by the exception method which introduces light between Substrate W and the closure member 17. In drawing 14 and 15, light enters from single direction and it is indicated that it crosses a field 36 horizontally (arrow heads 43a and 43b). However, light can be sent out in a liquid from the direction of arbitration, and various paths equipped with the path containing 1 or two or more reflected rays from the definitive element and/or Substrate W of the projection system PL can be taken. According to the example shown by 15 from drawing 13, when dispersion increases on the whole, the signal strength detected with a photodetector increases as the consistency of air bubbles or a particle increases in a liquid. However, if dispersion increases, the light source 39 and a detector 40 can be arranged so that reduction of the signal strength which reaches a detector 40 may be brought about. As other deformation, an optical fiber 41 can connect with both the source of an exposure, and a detector, and existence of air bubbles or a particle is detected by change of the quantity of light which is reflected and returns into an optical fiber 41.

[0084]

Although the arrangement illustrated by 15 from drawing 13 may generally be explained to be optical SUKYA taro meter, it has continuous and the advantage which makes un-destructive monitoring possible of the air bubbles in an immersion liquid, or the consistency of a particle. Although drawing 16 illustrates typically how this arrangement can be realized, the light source 39 and a detector 40 have coordinated it with the optical comparator 44. This optical comparator 44 compares the signal level which reaches the light which the light source 39 emitted, and a detector 40, and measures the air bubbles which exist in an immersion liquid, or the information about the number of a particle according to arrangement of the light source and a detector.

[0085]

Although the optical comparator 44 can be coordinated also with the liquid quality monitor 45, it is realizable by computer programmed appropriately. In order to guarantee that the image quality drawn by Substrate W does not deteriorate below the minimum threshold level, this liquid quality monitor 45 can be arranged as a liquid is certainly in an always suitable cleanliness level. In addition to the consistency of air bubbles or a particle, the liquid quality monitor 45 can take other elements, such as liquid chemical composition, into consideration. Subsequently, it is possible to connect the liquid quality monitor 45 to an alarm system 46, and when the condition of an immersion liquid becomes out of range [ a predetermined parameter ], this system stops a system, and is made into a suspended state from operating state, or performs other suitable actuation. Thus, by reacting to the problem in a liquid early, quick activation of suitable actuation can be attained and loss of the ingredient and time amount accompanying the crude exposure produced with the immersion liquid of low quality can also be made into the minimum.

[0086]

The drawing engine performance of a lithography system can receive an adverse effect (for example, generating of the stray light) also with the dirt on the base part of Lens PL again. Such contamination may include formation of the salt which mainly originates in oxides, such as a chemical of a resist, i.e., a silicon dioxide etc. Although contamination can be reduced by chemical washing, with the working hours of the operation hold which cost requires, and a maintenance staff, necessarily such processing is not restricted as it is completely effective, but has mechanical or the danger of damaging a lens. According to some

examples of this invention explained in the top, one or more ultrasonic transducers are formed, and air bubbles are detected and removed from an immersion liquid. Orientation can be carried out and these equipments can also be constituted again so that dirt may be removed from the definitive element of the projection lens PL, a substrate, or the wafer chuck W. Although drawing 17 shows one possible arrangement, the ultrasonic transducer 47 has been arranged on the closure member 17, and it is directly connected with the definitive element of the projection lens PL, and the liquid between Substrates W. In order to make into the minimum the danger that the location of the lens itself will change at the time of washing, a converter 47 can be mechanically separated from the closure member 17, or shockless engaging of clutch can be carried out to it at least. For example, it is also possible to arrange a converter 47 near it, without making the closure member 17 contact. As an exception method, when generating a RF, it is also possible to separate the equipment connection section of Lens PL mechanically. In the situation which washes a lens or a wafer chuck, an immersion liquid and the various high frequency generators which generate the resonating supersonic wave can be used. It can arrange so that washing actuation of the lens by the supersonic wave and a wafer chuck can perform automatically and may actually repeat ON and OFF according to the rate of contamination.

[0087]

Although the specific example of this invention has been explained above, it will be understood that this invention can be carried out to another appearance with explanation. This description does not tend to limit this invention.

[Brief Description of the Drawings]

[0088]

[Drawing 1] It is drawing showing the lithography projection equipment according to one example of this invention.

[Drawing 2] It is drawing showing the liquid distribution system for supplying a liquid to the field of the circumference of the definitive element of a projection system according to one example of this invention.

[Drawing 3 a] It is drawing showing arrangement of the inlet of the liquid distribution system of drawing 2 and exhaust port of the circumference of the definitive element of the projection system according to one example of this invention.

[Drawing 3 b] It is drawing showing the closure member according to one example of this invention.

[Drawing 4] It is drawing showing the liquid distribution system which has a cellular reduction means to follow one example of this invention.

[Drawing 5] It is drawing showing two kinds of arrangement in which the ultrasonic transducer in a cellular detection means to follow two examples of this invention is possible.

[Drawing 6] It is drawing showing the ultrasonic transducer in a cellular clearance means to follow one example of invention, and arrangement of a stationary wave.

[Drawing 7] It is drawing showing the deaerator according to one example of this invention.

[Drawing 8] It is drawing showing the liquid pressurizer according to one example of this invention.

[Drawing 9] It is drawing showing one example of a cellular clearance means, and the electric-field generator relevant to one pair of protected electrodes is shown.

[Drawing 10] What was illustrated to drawing 2 and 3 is drawing showing the example from which some of this inventions which have a different liquid distribution system differ.

[Drawing 11] a and b are drawings showing one example of the cellular clearance means arranged so that air bubbles may be selectively heated by the source of microwave radiation.

[Drawing 12] It is drawing showing one example of a cellular clearance means equipped with a particle input unit and a particle stripper.

[Drawing 13] It is drawing showing one example of a cellular detection means, and the instantiation-orbit about the beam of the light which passes a projection lens and reaches a photodetector scattered on the light source and the photodetector, and the list from the path inside a liquid is shown.

[Drawing 14] It is the enlarged drawing showing the substrate field of the arrangement shown in drawing 13, and the place which introduces the light from the light source in the field between the definitive element of a projection lens and a substrate is illustrated according to the first example of the light source.

[Drawing 15] Although it is the same drawing as drawing 14, it is drawing showing the place which introduces the light from the light source in the field between the definitive element of a projection lens, and a substrate according to the 2nd example of the light source.

[Drawing 16] It is drawing showing one example of a cellular detection means equipped with the light source, a detector, an optical comparator, a liquid quality monitor, and an alarm.

[Drawing 17] It is drawing showing arrangement of the ultrasonic transducer in the field between the definitive element of the projection lens according to one example of this invention, and a substrate.

[Description of Notations]

[0089]

AM Adjustment device

C Target part

CO Substage condenser

IL Exposure system (exposure machine)

IN Integrator

M1, M2 Mask-alignment indicator

MA Pattern formation means (mask)

MT Mask table

P1, P2 Substrate alignment indicator

PB Projection beam

PL Projection system (lens)

V Electrical-potential-difference power source

W Substrate

WT Substrate table

1 Liquid Distribution System

2 Air Bubbles

3a, 3b Cellular reduction means

4 Cellular Detection

5a, 5b, 5c Ultrasonic transducer

6 Stationary Wave Form

7 Nodal Zone of Stationary Wave Form

8 Phase Adjustment Means

9 Signal Generator

10 Deaerator

11 Isolated Room

12 Pump

13 Eye Liquid Pool

14 Closure Member

15 Door of Isolated Room

16 Non-contact Closure Object

17 Closure Object

18 Valve

19 Piston

20 Pressure Gage

21 Inner Hole

22 Liquid Pressurizer

23 Passage

25 26 Arrow head

27a, 27b Electrode

28 Power Source

29 Isolator

30 Source of Microwave Radiation

31a Air bubbles

31b Bigger air bubbles

32 Microwave Photon

33 Particle Input Unit

34 Particle Stripper

35 Particle Regenerative Apparatus

36 Field

37 38 Circuit

39 Light Source

40 Photodetector

41 Optical Fiber  
42 Path of Scattered-Light Line  
43a, 43b Arrow head  
44 Optical Comparator  
45 Liquid Quality Monitor  
46 Alarm System  
47 Ultrasonic Transducer  
50, 52, 54 Electrode  
56 Conduit  
58 Housing  
62 64 Plate of a housing

---

[Translation done.]



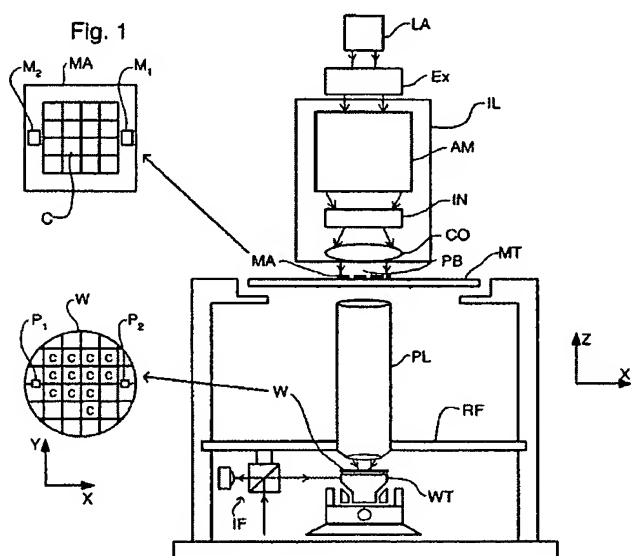
\* NOTICES \*

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

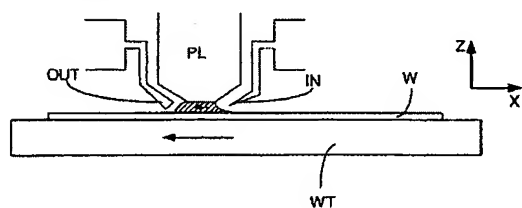
- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

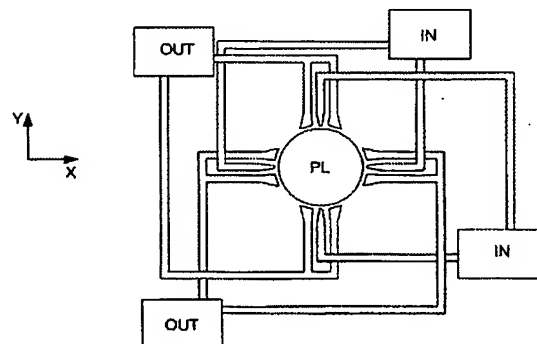
[Drawing 1]



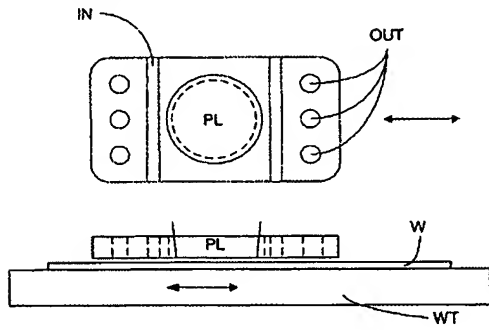
[Drawing 2]



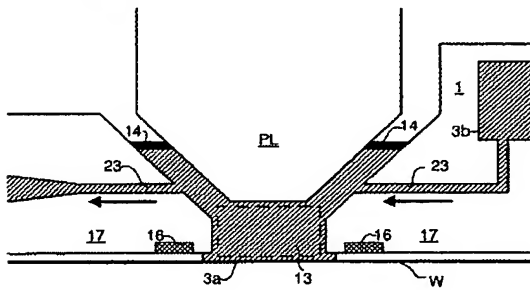
[Drawing 3 a]



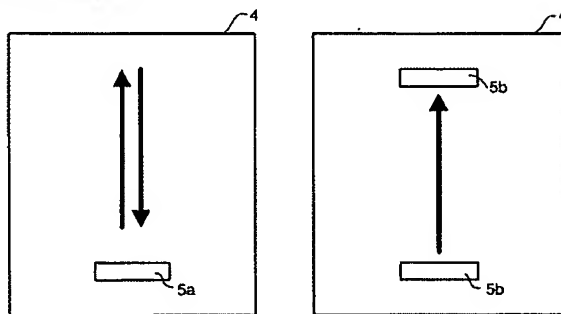
[Drawing 3 b]



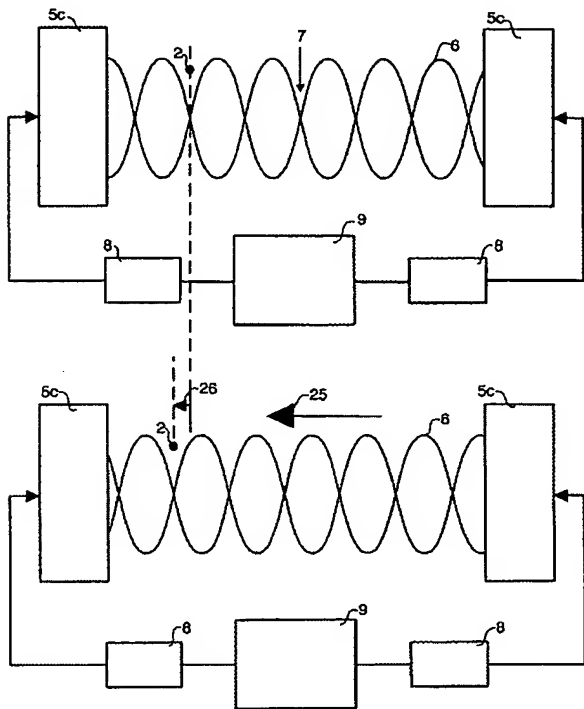
[Drawing 4]



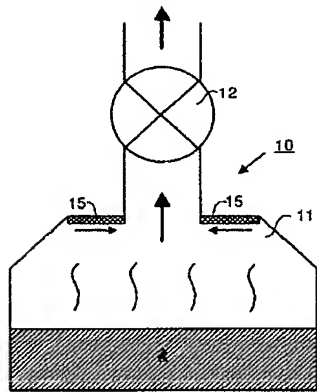
[Drawing 5]



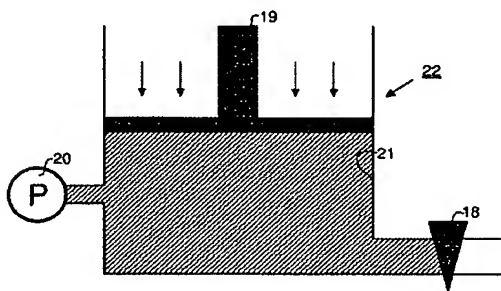
[Drawing 6]



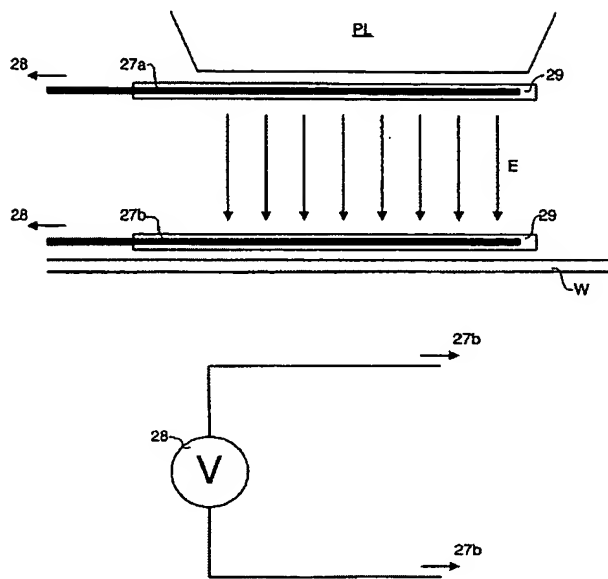
[Drawing 7]



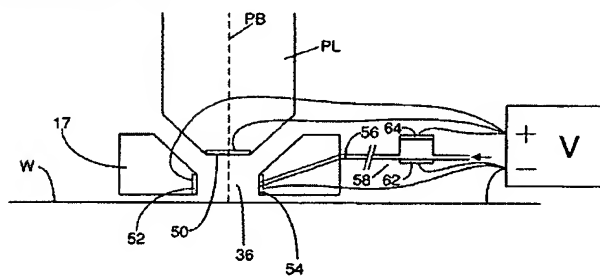
[Drawing 8]



[Drawing 9]

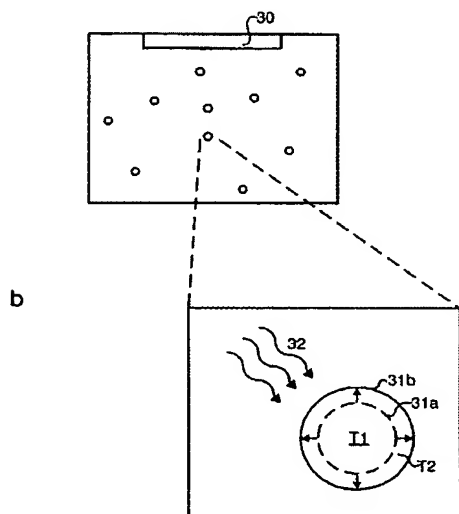


[Drawing 10]

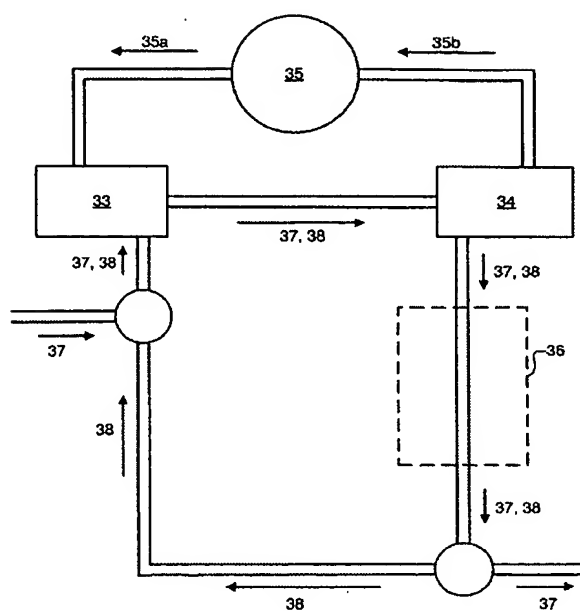


[Drawing 11]

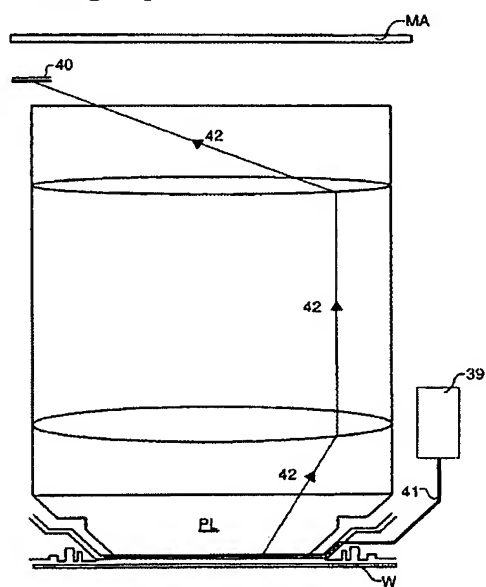
a



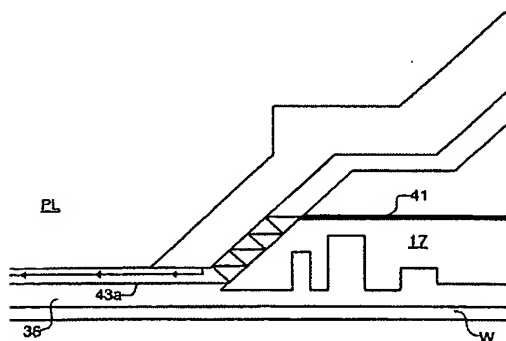
[Drawing 12]



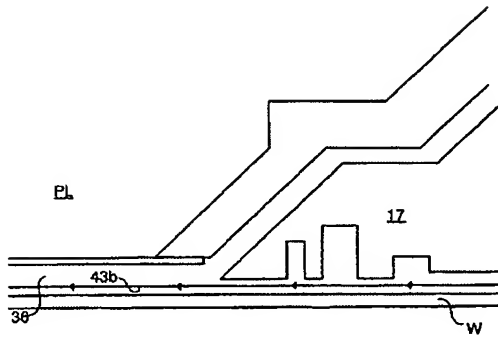
[Drawing 13]



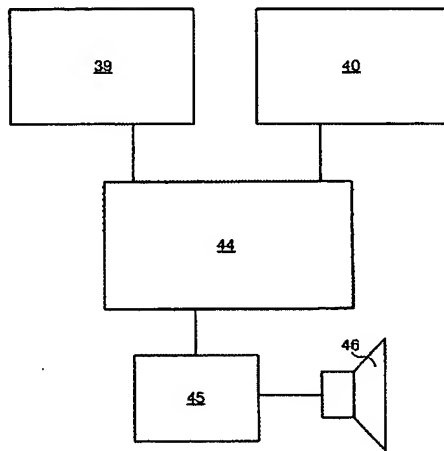
[Drawing 14]



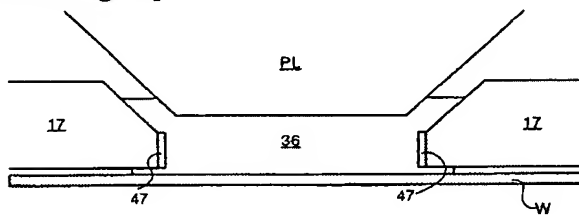
[Drawing 15]



[Drawing 16]



[Drawing 17]



---

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-5713

(P2005-5713A)

(43) 公開日 平成17年1月6日 (2005.1.6)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

H01L 21/027

G03F 7/20

F I

H01L 21/30

G03F 7/20

H01L 21/30

515D

521

514E

テーマコード (参考)

5F046

審査請求 有 請求項の数 23 O L 外国語出願 (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願2004-172029 (P2004-172029)  
 (22) 出願日 平成16年6月10日 (2004.6.10)  
 (31) 優先権主張番号 03253694.8  
 (32) 優先日 平成15年6月11日 (2003.6.11)  
 (33) 優先権主張国 欧州特許庁 (EP)  
 (31) 優先権主張番号 820227  
 (32) 優先日 平成16年4月8日 (2004.4.8)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 504151804  
 エイエスエムエル ネザランドズ ベスロ  
 ーテン フェンノートシャップ  
 オランダ国 フェルトホーフェン、デル  
 ン 6501  
 (74) 代理人 100066692  
 弁理士 浅村 皓  
 (74) 代理人 100072040  
 弁理士 浅村 肇  
 (74) 代理人 100080263  
 弁理士 岩本 行夫  
 (74) 代理人 100087217  
 弁理士 吉田 裕

最終頁に続く

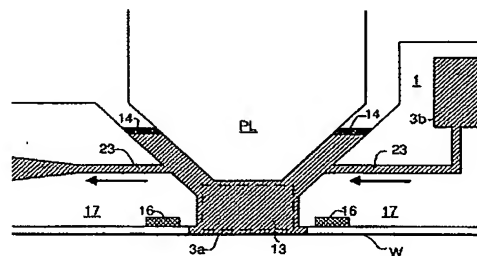
(54) 【発明の名称】 リソグラフィ装置及びデバイス製造方法

(57) 【要約】

【課題】 投影システムの最終要素と基板の間の空間を充填する液体を有する装置の描画性能を向上させること。

【解決手段】 リソグラフィ装置及びデバイス製造方法が、投影レンズの最終要素と基板の間の描画領域の少なくとも一部を充填する、液溜め13の中に閉じ込められた大きな屈折率の液体を利用する。溶解した大気ガスに由来するか又は液体に曝された装置要素からのガス放出に由来する、液体中で発生する気泡が、露光に干渉して基板上の焼き付け欠陥を招かないように検出されかつ除去される。検出は液体中の超音波減衰の周波数依存を測定することによって実行可能であり、気泡除去は、液体の脱気及び加圧を行い、液体を大気から隔離し、低表面張力の液体を使用し、描画領域を通過する連続的な液流を供給し、さらに超音波定常波形の節を移相することによって実施可能である。

【選択図】 図4





## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

放射ビームを供給するように配置されている照射システムと、  
前記放射ビームの断面にパターンを付与することが可能であり、よってパターン形成した放射ビームを提供するパターン形成手段を支持するように構成されている支持構造と、  
基板を保持するように構成されている基板テーブルと、  
前記パターン形成した放射ビームを前記基板の標的部分上に投影するように配置されている投影システムと、

前記投影システムの最終要素と前記基板の間の空間の少なくとも一部に液体を充填するように構成されている液体供給システムと、を備えるリソグラフィ投影装置であって、

10

前記液体供給システムは気泡低減手段を備え、さらに前記気泡低減手段は気泡検出手段を備えることを特徴とするリソグラフィ投影装置。

## 【請求項 2】

前記気泡検出手段が少なくとも 1 つの超音波変換器を備え、前記液体中に存在する気泡に関する情報を得るために、前記液体中の超音波の減衰が前記変換器によって測定されている、請求項 1 に記載のリソグラフィ投影装置。

## 【請求項 3】

前記超音波変換器が周波数の関数として超音波の減衰を測定する、請求項 2 に記載のリソグラフィ投影装置。

## 【請求項 4】

前記気泡低減手段が気泡除去手段を備える、請求項 1 から 3 までのいずれか一項に記載のリソグラフィ投影装置。

20

## 【請求項 5】

前記気泡除去手段が脱気装置を備え、前記脱気装置は隔離室を備え、前記隔離室中の液体上方の空間は大気圧よりも低い圧力に維持され、以前に溶解したガスが溶液から抜け出て汲み出されるのを促進する、請求項 4 に記載のリソグラフィ投影装置。

## 【請求項 6】

前記気泡除去手段が、前記液体中の気泡を前記投影システムの前記最終要素と前記基板の間の前記空間の外に搬送するために、前記投影システムの前記最終要素と前記基板の上に連続的な液流を供給する、請求項 4 又は 5 に記載のリソグラフィ投影装置。

30

## 【請求項 7】

気泡の大きさを最小化して気泡形成ガスが前記液体中に溶解するのを促進するために、前記気泡低減手段が、前記液体を大気圧よりも高圧に加圧する液体加圧装置を備える、前記請求項のいずれか一項に記載のリソグラフィ投影装置。

## 【請求項 8】

前記液体の組成が水よりも小さい表面張力を有するように選択される、前記請求項のいずれか一項に記載のリソグラフィ投影装置。

## 【請求項 9】

前記気泡低減手段が、前記液体を、それが前記投影システムの前記最終要素と前記基板の間の前記空間に供給される前に処理する、前記請求項のいずれか一項に記載のリソグラフィ投影装置。

40

## 【請求項 10】

前記処理された液体が封止された容器内に保持され、前記封止容器内の余剰空間に、窒素ガス、アルゴン・ガス、ヘリウム・ガス、又は真空の 1 つ又は複数が充填されている、請求項 9 に記載のリソグラフィ投影装置。

## 【請求項 11】

超音波変換器がパルス・エコー構成で配置され、前記変換器は、超音波を送信し、かつ反射後に、前記液体を通過する経路に沿って伝搬する間に減衰された超音波を受信するように動作する、請求項 2 又は 3 に記載のリソグラフィ投影装置。

## 【請求項 12】

50

前記気泡検出手段が２つの空間的に隔離した超音波変換器を備え、第１の変換器は超音波を送信し、第２の変換器は、前記２つの変換器の間の前記液体を通過する経路に沿って伝搬する間に減衰された超音波を受信する、請求項２又は３に記載のリソグラフィ投影装置。

【請求項１３】

前記気泡除去手段が、気泡を節領域内部に閉じ込める超音波定常波形を前記液体内部で発生するように配置されている２つの空間的に隔離した超音波変換器を含み、前記気泡除去手段は前記変換器と連係する位相調整手段を使用することによって前記気泡を変位するように配置され、前記位相調整手段は節領域とその中に閉じ込められた気泡を空間移動させる、請求項４、５、又は６に記載のリソグラフィ投影装置。

10

【請求項１４】

前記気泡除去手段が、前記液体に電界を印加するための電界発生器を備え、前記電界は前記基板に付着した気泡を押し退けることができる、請求項４、５、６、又は１３に記載のリソグラフィ投影装置。

【請求項１５】

前記気泡除去手段が、温度を選択的に制御し、したがって特定の組成の気泡の大きさを選択的に制御するための選択的加熱器を備える、請求項４、５、６、１３、又は１４に記載のリソグラフィ投影装置。

【請求項１６】

前記選択的加熱器がマイクロ波源を備える、請求項１５に記載のリソグラフィ投影装置 20

【請求項１７】

前記気泡除去手段が、粒子を前記液体中に導入するための粒子入力装置と、前記粒子を前記液体から除去するための粒子除去装置を備える、請求項４、５、６、１３、１４、又は１５に記載のリソグラフィ投影装置。

【請求項１８】

前記粒子が気泡の付着を促進する特徴を有する表面を備える、請求項１７に記載のリソグラフィ投影装置。

【請求項１９】

前記気泡検出手段が、光源、光検出器、及び光比較器を備え、前記光源と前記光検出器は、前記光源によって放射された光が前記液体の一部を通過して前記光源と前記検出器の間を伝搬するように配置され、前記比較器は、前記液体の一部を通過して伝搬した後に前記検出器に到達する前記放射光の比率の変化を検出するように配置されている、前記請求項のいずれか一項に記載のリソグラフィ投影装置。

30

【請求項２０】

放射ビームを供給するように配置されている放射システムと、  
前記放射ビームの断面にパターンを付与することが可能であり、よってパターン形成した放射ビームを提供するパターン形成手段を支持するように構成されている支持構造と、  
基板を保持するように構成されている基板テーブルと、

前記パターン形成した放射ビームを前記基板の標的部分上に投影するように配置されている投影システムと、

40

前記投影システムの最終要素と前記基板の間の空間の少なくとも一部に液体を充填するように構成されている液体供給システムと、を備えるリソグラフィ投影装置であって、

光源、光検出器、及び光比較器を含む、前記液体中の不純物を検出するように配置されている検出システムをさらに備え、前記光源と前記光検出器は、前記光源によって放射された光が前記液体の一部を通過して前記光源と前記検出器の間を伝搬するように配置され、前記比較器は、前記液体の一部を通過して伝搬した後に、前記検出器に到達する前記放射光の比率の変化を検出するように配置されていることを特徴とするリソグラフィ投影装置。

【請求項２１】

50

前記検出システムが、前記投影システムの前記最終要素と前記基板の間の前記液体中の粒子を検出するように配置されている、請求項20に記載のリソグラフィ投影装置。

【請求項22】

少なくとも一部が放射感応材料の層によって被覆されている基板を提供する工程と、  
照射システムを使用して放射ビームを供給する工程と、  
前記放射ビームの断面にパターンを付与し、よってパターン形成した放射ビームを提供するパターン形成手段を使用する工程と、

前記放射感応材料の層の標的部分上に前記パターン形成した放射ビームを投影する工程と、

前記投影システムの前記最終要素と前記基板の間の空間の少なくとも一部に液体を充填するように構成されている液体供給システムを提供する工程と、を含むデバイス製造方法であって、 10

前記液体供給システム中の気泡を検出しかつ低減する工程をさらに含むことを特徴とする、デバイス製造方法。

【請求項23】

放射ビームを供給するように配置されている照射システムと、

前記放射ビームの断面にパターンを付与することが可能であり、よってパターン形成した放射ビームを提供するパターン形成手段を支持するように構成されている支持構造と、  
基板を保持するように構成されている基板テーブルと、

前記パターン形成した放射ビームを前記基板の標的部分上に投影するように配置されている投影システムと、 20

前記投影システムの最終要素と前記基板の間の空間の少なくとも一部に液体を充填するように構成されている液体供給システムと、を備えるリソグラフィ投影装置であって、

前記投影装置の動作状態を活動状態と中断状態の間で切り換えできる液質モニタをさらに備え、液質が所定のしきい状態を上回っていると測定されるとき、前記活動状態を選択し、液質が所定のしきい状態を下回っていると測定されるとき、前記中断状態を選択することを特徴とするリソグラフィ投影装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、リソグラフィ装置及びデバイス製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

リソグラフィ装置は、基板の標的部分の上に望ましいパターンを施す機械である。リソグラフィ装置は、例えば、集積回路（IC）の製造に使用可能である。その場合に、マスクなどのパターン形成手段を使用して集積回路の個別層に対応する回路パターンを作成することが可能であり、さらに、放射感応材料（レジスト）の層を有する基板（例えば、シリコン・ウェーハ）上の標的部分（例えば、1個又は数個のダイの一部を含む）の上に、このようなパターンを描画することができる。一般に、単一の基板は連続的に露光される隣接標的部分の回路網を含む。知られたリソグラフィ装置には、1回の試みでパターン全体を標的部分上に露光することによって標的部分をそれぞれ照射する、いわゆるステップと、投影ビームによって所与の方向（「走査」方向）にパターンを走査し、他方では、同期してこの方向に平行に又は逆平行に基板を走査することによって標的部分をそれぞれ照射する、いわゆるスキヤナが含まれる。 40

【0003】

投影システムの最終要素と基板の間の空間を充填するために、相対的に大きな屈折率を有する液体、例えば、水の中にリソグラフィ投影装置中の基板を浸漬することが提案されてきた。この要点は、露光放射は液体中でより短い波長を有するので、より小さい形状構成を描画できることである。（液体の効果はまた、システムの有効開口数を増加させ、さらに焦点深度も増大させると考え得る。）固体粒子、例えば、水晶を中に懸濁させた水を 50

含めて、他の浸液も提案されてきた。

【 0 0 0 4 】

しかし、基板又は基板と基板テーブルを液槽の中に漬けること（例えば、ここで参照としてその全体を組み込む米国特許第 4, 5 0 9, 8 5 2 号明細書を参照されたい）は、走査露光時に加速しなければならない大量の液体が存在することを意味する。これには追加的な又はより強力なモータが必要であり、さらに液体中の乱流が不要かつ予測不能の影響をもたらす恐れがある。

【 0 0 0 5 】

提案されている解決策の 1 つは、液体閉じ込めシステムを使用して、基板の局部領域上のみにかつ投影システムの最終要素と基板の間の中に、液体を供給するための液体供給システムに関するものである（基板は一般に投影システムの最終要素よりも大きな表面積を有する）。このように配置するために提案された 1 つの方法が、ここで参照としてその全体を組み込む国際公開第 9 9 / 4 9 5 0 4 号パンフレットに開示されている。図 2 及び 3 a に例示するように、液体が、少なくとも 1 つの注入口 I N によって、好ましくは最終要素に対する基板の移動方向に沿って基板上に供給され、かつ投影システムの下を通過した後、少なくとも 1 つの排出口 O U T によって除去される。すなわち、基板を要素の下で - X 方向に走査するとき、液体を要素の + X 側で供給し、かつ - X 側で除去する。図 2 は、液体が、注入口 I N を介して供給され、低圧源に連結する排出口 O U T によって要素の他方の側で除去される配置を模式的に示す図である。図 2 の例示では、液体が最終要素に対する基板の移動方向に沿って供給されるが、これはそうである必要はない。最終要素の周囲に位置決めされた注入口及び排出口の様々な配向及び数が可能であり、1 つの実施例を図 3 に示すが、そこでは排出口を両側に備える 4 組の注入口が最終要素の周囲に規則的な配列で設けられている。

【 0 0 0 6 】

提案されている別の解決策は、投影システムの最終要素と基板テーブルの間における空間の境界の少なくとも一部に沿って延びる封止部材を液体供給システムに設けるものである。このような解決策を図 3 b に例示する。この封止部材は、Z 方向に（光軸方向に）多少の相対移動が存在し得るが、X Y 平面内では投影システムに対して実質的に静止している。封止は、封止部材と基板表面の間に形成される。この封止は、ガス・シールのような非接触封止であることが好ましい。このようなガス・シールを有するシステムが、ここで参照としてその全体を組み込む欧州特許出願第 0 3 2 5 2 9 5 5 . 4 号明細書に開示されている。

【 0 0 0 7 】

欧州特許出願第 0 3 2 5 7 0 7 2 . 3 号明細書では、双ステージ又は 2 連ステージ型液浸リソグラフィ装置の着想が開示されている。このような装置には、基板を支持するための 2 つのステージが設けられている。浸液が存在しない、第 1 位置にあるステージを使用して水平測定を実行すると共に、浸液が存在する、第 2 位置にあるステージを使用して露光を実行する。別法としては、装置が 1 つのステージのみを有する。

【 0 0 0 8 】

本発明は、液浸リソグラフィ装置のいずれにも応用可能であり、特に、上述のこのような種類に応用可能であるが、限定するものではない。

【 0 0 0 9 】

露光放射経路の中に液体が存在しないシステムに比べるとき、このような新たな技術から予想外の欠点が生じる。特に、画像分解能が向上するにもかかわらず、他の点では液体が画質を劣化させるきらいがある。

【 発明の開示 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 1 0 】

本発明の目的は、投影システムの最終要素と基板の間の空間を充填する液体を有する装置の描画性能を向上させることである。

10

20

30

40

50

## 【発明を解決するための手段】

## 【 0 0 1 1 】

本発明の一態様によれば、

放射ビームを供給するように配置されている照射システムと、

放射ビームの断面にパターンを付与することが可能であり、よってパターン形成した放射ビームを提供するパターン形成手段を支持するように構成されている支持構造と、

基板を保持するように構成されている基板テーブルと、

パターン形成した放射ビームを基板の標的部分上に投影するように配置されている投影システムと、

前記投影システムの最終要素と前記基板の間の空間の少なくとも一部に液体を充填するように構成されている液体供給システムと、を備えるリソグラフィ装置が提供されており、

前記液体供給システムは気泡低減手段を備え、さらに前記気泡低減手段は気泡検出手段を備える。

## 【 0 0 1 2 】

画像劣化の重要な原因は、液体中の気泡による描画放射の散乱であることが認識されている。これらの気泡の大きさと密度を低減することによって、このような散乱と、それに伴う基板に到達する画像の歪みを低減することが可能であり、それによって基板上に焼き付けられたパターン中の欠陥の周波数と大きさを低減する。気泡は、大気に由来するか又は基板上の感光性層など、リソグラフィ装置のガス放出要素に由来する溶解ガスが、何らかの種類の乱れにより溶液から抜け出すときに発生するのが典型である。このように形成された気泡は、関与する液体、気体、及び乱れに応じて、数の密度と大きさの分布が大幅に変化する。非常に微小な気泡は、標準的な方法を用いてそれらを検出し難くかつ除去することが困難であり、しかも依然として基板上に形成される画像に影響を与えるので特に問題を引き起こす傾向がある。典型的なリソグラフィ装置の状況における使用では、例えば、直径が約 10 nm まで小さくなる気泡が性能を劣化し続ける。気泡検出手段を備えると、この気泡検出手段に対する帰還が可能になり、気泡低減過程の調整と最適化を行うことができる。

## 【 0 0 1 3 】

気泡低減手段は、気泡検出手段を備えることができる。気泡検出手段は、1 つ又は複数の超音波変換器を備えることが好ましい。これらの変換器は、超音波を発生し、それらが伝搬する液体中の気泡の存在によって影響される超音波を受け取る。超音波変換器がもたらす情報には、気泡の大きさとそれらの数密度の分布に関する情報が含まれている。

## 【 0 0 1 4 】

超音波変換器はまた、周波数の関数として超音波減衰を測定することができる。この手法の利点は、超音波の波長よりもはるかに小さい寸法を有する気泡を検出できることである。信号の振幅のみを使用するだけでは、このような測定方法は超音波の波長と同じ大きさか又はそれよりも大きい気泡に限定されることになる。

## 【 0 0 1 5 】

他の特徴は、気泡低減手段が気泡除去手段を備えることである。

## 【 0 0 1 6 】

気泡除去手段は、脱気装置を備えることが可能であり、この脱気装置は隔離室を備え、この隔離室中の液体上方の空間は大気圧よりも低い圧力に維持され、以前に溶解したガスが溶液から抜け出て汲み出されるのを促進する。これらの脱気過程によって、溶液から抜け出す溶解大気ガスによる気泡の発生が劇的に低減する。脱気過程の後には、液体を可能な限り通常の大気から隔離しておくことが好ましい。

## 【 0 0 1 7 】

他の特徴は、気泡除去手段が、気泡を描画領域の外側に搬送するために、投影システムの最終要素と基板の上に連続的な液流を供給することである。この工程は、リソグラフィ装置のガス放出要素に由来するガスを除去するのに特に効果的である。

10

20

30

40

50

## 【0018】

さらには、気泡低減手段は、気泡の大きさを最小化して気泡形成ガスが液体の中に溶解するのを促進するために液体を大気圧よりも高圧に加圧することができる。

## 【0019】

液体の組成は、水よりも小さい表面張力を有するように選択することができる。これは、気泡が画像に対して特に有害の恐れがあり、かつ除去処置の妨害になるきらいがある、気泡が基板に付着する傾向を低減する。気泡が基板及び他の構成要素に付着する傾向は、浸液と接触している表面仕上げを制御することによって低減可能である。特に、表面仕上げは、最小限の表面粗さを有するように研磨されるか又は配置され、好ましくは $0.5\mu\text{m}$ よりも短い特性長スケールを有することが好ましい。

10

## 【0020】

気泡低減手段は、液体を、それが投影システムの最終要素と基板の間の空間内に導入される前に処理することができる。この手法の利点は、空間要件と設計自由度の向上である。これらの要素は、複数のリソグラフィ装置で使用するために、又は循環システムにおいて若しくは液体を頻繁に交換すべき場合に使用するために、大量の液体の処理をより容易にする。処理後は、真空下で保持することによって又は液体に容易に溶解し難い、窒素、アルゴン、又はヘリウムなどの気体のみに曝すことによって、液体を大気ガスから保護することができる。

## 【0021】

気泡検出手段の超音波変換器は、同じ変換器が超音波を送信し、境界によって反射された後で、液体を通過して伝搬することによって減衰された超音波を受信するパルス・エコー構成に配置することができる。このような配置の利点は、変換器の数がより少なく済み、かつ液体を通過する相対的に長い信号経路を配置することがより容易であることである。

20

## 【0022】

別法として、気泡検出手段は2つの空間的に離隔した超音波変換器を備えることが可能であり、第1の変換器を超音波の送信用に配置し、第2の変換器を超音波の受信用に配置する。この配置の利点は、受信用変換器で受信した信号の解読がより容易であり、さらに、例えば、境界による非正反射によって引き起こされる変則的な信号損失による影響をより小さくすることができることである。

30

## 【0023】

随意選択的に、気泡除去手段は、節領域内に気泡を閉じ込める超音波の定常波形を液体内部に発生するように配置された2つの空間的に離隔した超音波変換器を備えることができる。気泡除去手段は、変換器と連係する位相調整手段の使用によって前記気泡を変位するように配置され、位相調整手段は、節領域とその内部に閉じ込めた気泡を空間移動させる。このような方法を用いて気泡を液溜めの一方の側に完全に搬送し、そこで気泡を隔離しかつシステムから除去することができる。

## 【0024】

超音波変換器は、メガソニック周波数（1MHzの領域にある）で動作できることが好ましい。メガソニック波によって、空洞現象及び気泡の固体表面との衝突（小さい粒子が押し退けられて液体の汚染をもたらす）など、通常の（より低い周波数の）超音波の幾つかの欠点が回避される。

40

## 【0025】

気泡除去手段は、液体に電界を印加するための電界発生器を備えることが可能であり、この電界は、液体内部の境界面に付着した気泡を押し退けることができる。このような特徴は、問題の境界面が基板である場合に、この基板に付着した気泡がリソグラフィ投影装置の焦点にあり、したがって画像をよりひどく歪める恐れがあるので特に有用である。周囲液体の誘電率と異なる誘電率を有する気泡の近傍では、電界の向きの線が歪められる。本実施例は、気泡が境界面に近接するか又はそれと接触しているとき、電界の分布が気泡を表面から引き離し、液体本体に進入させるように力を及ぼし得ることに基づいて動作す

50

る。一旦、液体本体に進入すれば、画質に及ぼす気泡の有害な影響はより小さくなり、またより容易に除去可能になる。本方法は、気泡が付着した表面が疎水性である場合であっても応用可能であり、基板に特別な親水性被膜を塗布する必要性を低減する。

#### 【 0 0 2 6 】

気泡除去手段は、温度を選択的に制御し、したがって気泡の組成にしたがって気泡の大きさを選択的に制御するための選択的加熱器を備えることができる。気泡のみを加熱し、周囲の液体を加熱しないように選択することによって、液体温度の不要な変動を最小化することが可能である。気泡はそれらの温度を上昇させると、サイズが拡大し、したがって除去がより容易になる。選択的加熱器は、気泡を形成する気体分子（通常は窒素と酸素）の共振周波数に対応する周波数で動作するマイクロ波源を備えることができる。基板領域内のリソグラフィ装置の温度感度が所与であれば、本方法は、液体と気泡を同時に加熱せざるを得ない場合に比べて、気泡内のガスをより多様に加熱することが可能になる。したがって、気泡を液体から除去するためのより大きなエネルギーと時間効率的な方法が得られる。

10

#### 【 0 0 2 7 】

気泡除去手段は、粒子を液体中に導入するための粒子入力装置と、粒子を液体から除去するための粒子除去装置を備えることができる。本方法は、粒子の活性が高いように又は別様に好都合であるように粒子を選択する場合に、気泡は液体中に存在する粒子の表面に付着する傾向があるという原理に基づいて動作する。累積的に、粒子は液体に対して大きな表面積を提供し、それによって粒子と気泡の間の接触機会が増加する。問題の表面は外部表面と、粒子が多孔質である場合は、これらの孔に伴う内部表面とを備えることができる。したがって、多孔質粒子は、非多孔質粒子よりも液体と接触する大きな粒子表面を提供する。本実施例は、粒子が液体に反発する表面（すなわち、液体に対して高い表面エネルギーを有する表面）を有するように配置されているときに特に効果的である。水を含む液体の場合では、このような表面を疎水性と説明することができる。このような配置は、気泡が液体と接触する粒子表面積を減らすように動作し、したがって表面エネルギーを最小化するので気泡の付着に好都合である。気泡と粒子の間の電氣的引力、又は気泡の付着に好都合な他の表面特徴も存在し得る。

20

#### 【 0 0 2 8 】

粒子に付着された気泡は、粒子除去装置によって粒子を液体から除去するとき、液体から除去される。粒子除去装置は粒子フィルタを備えることができる。一般に、粒子の寸法はそれらを除去しやすいように選択され、本方法は、たとえ非常に微小な気泡であっても除去する効率的な手段を提供する。

30

#### 【 0 0 2 9 】

気泡検出手段は、光源、光検出器、及び光比較器を備えることができる。光源と光検出器は、光源から放射された光が液体の一部を通過して光源と検出器の間を伝搬するように配置可能であり、比較器は、液体の一部を通過して伝搬した後に検出器に到達する放射光の比率の変化を検出するように配置されている。液体中に気泡が存在すると、光の散乱を引き起こす。光源と検出器の配置に応じて、このような散乱は、検出器で検出される信号の増加又は減少を引き起こし、気泡の個数に関する情報を与えるように分析可能である。このような配置の利点は、投影装置が通常動作中であっても、それは連続動作が可能であることである。気泡が発生するとき、それらを早期の段階で検出することが可能であり、液体が再び清浄になるまで露光を中断することができる。したがって、この特徴は、時間の損失を最小化し、かつ製造される露光不良の基板の数量を低減する。

40

#### 【 0 0 3 0 】

本発明の他の一態様によれば、

放射ビームを供給するように配置されている照射システムと、

放射ビームの断面にパターンを付与することが可能であり、よってパターン形成した放射ビームを提供するパターン形成手段を支持するように構成されている支持構造と、

基板を保持するように構成されている基板テーブルと、

50



パターン形成した放射ビームを基板の標的部分上に投影するように配置されている投影システムと、

前記投影システムの最終要素と前記基板の間の空間の少なくとも一部に液体を充填するように構成されている液体供給システムと、

光源、光検出器、及び光比較器を含む、前記液体中の不純物を検出するように配置されている検出システムと、を備え、前記光源と前記光検出器は、前記光源によって放射された光が前記液体の一部を通過して前記光源と前記検出器の間を伝搬するように配置され、さらに前記比較器は、前記液体の一部を通過して伝搬した後に、前記検出器に到達する前記放射光の比率の変化を検出するように配置されている、リソグラフィ投影装置が提供される。

10

#### 【 0 0 3 1 】

検出システムは、投影システムの最終要素と基板の間の液体中の粒子を検出するように配置可能である。液体の光学特性を制御し、かつリソグラフィ装置の性能を向上させるために、粒子を周到に導入することができる。これは、例えば、水晶の微小な粒子を懸濁させることによって実現可能である。この場合には、検出システムを使用して粒子が望ましい比率で存在していることを確認できる。或いは、浸液と接触する表面から離脱する粒子のような有害な粒子が、偶発的にシステムに進入する恐れがある。このような場合には、検出システムを使用してこれらの粒子を検出し、これらの粒子密度及び／又は大きさの分布が所定のしきい値を超えると警報手順を開始することができる。問題（望まし粒子の不足又は望ましくない粒子の過剰）の早期検出によって、是正処置を迅速にとることが可能になり、時間の損失と描画不良に伴う材料の損失を最小化する助けになる。

20

#### 【 0 0 3 2 】

本発明の他の一態様によれば、

少なくとも一部が放射感応材料の層によって被覆されている基板を提供する工程と、

照射システムを使用して放射ビームを供給する工程と、

放射ビームの断面にパターンを付与し、よってパターン形成した放射ビームを提供するパターン形成手段を使用する工程と、

放射感応材料の層の標的部分上にパターン形成した放射ビームを投影する工程と、

投影システムの最終要素と前記基板の間の空間の少なくとも一部に液体を充填するように構成されている液体供給システムを提供する工程と、

30

前記液体供給システム中の気泡を検出しかつ低減する工程と、を含むデバイス製造方法が提供される。

#### 【 0 0 3 3 】

本発明のさらに他の一態様によれば、

放射ビームを供給するように配置されている照射システムと、

放射ビームの断面にパターンを付与することが可能であり、よってパターン形成した放射ビームを提供するパターン形成手段を支持するように構成されている支持構造と、

基板を保持するように構成されている基板テーブルと、

パターン形成した放射ビームを基板の標的部分上に投影するように配置されている投影システムと、

40

前記投影システムの最終要素と前記基板の間の空間の少なくとも一部に液体を充填するように構成されている液体供給システムと、

投影装置の動作状態を活動状態と中断状態の間で切り換えできる液質モニタと、を備え、液質が所定のしきい状態を上回っていると測定されるときに前記活動状態を選択し、液質が所定のしきい状態を下回っていると測定されるときに前記中断状態を選択する、リソグラフィ投影装置が提供される。

#### 【 0 0 3 4 】

このような特徴によって、欠陥の早期検出が可能になり、基板の不具合な露光による時間と材料の不要な損失を回避する。所定のしきい値は、気泡検出手段によって検出される気泡の大きさ及び／又は数の分布に対する限界値などのパラメータを基本にすることがで

50

きる。別法として、所定のしきい値は、液体中の他の粒子の大きさ及び／又は数の分布に対する限界値に関するものでもよい。

【 0 0 3 5 】

本文では、集積回路の製造においてリソグラフィ装置を使用することに特定の言及する場合があるが、本明細書に説明するリソグラフィ装置には、集積光学系、磁気ドメイン記憶装置用の誘導及び検出パターン、液晶ディスプレイ（LCD）、薄膜磁気ヘッド等々のような他の応用例もあり得ることを理解されたい。このような別法による応用例の文脈では、本明細書の「ウェーハ」又は「ダイ」という用語の使用はいずれも、より一般的な「基板」又は「標的部分」という用語とそれぞれ同義であると見なし得ることは当業者には理解されよう。本明細書で言及する基板は、露光の前に又は後で、例えば、トラック（典型的にレジストの層を基板に塗布しかつ露光済みのレジストを現像する手段）又は計測若しくは検査手段において処理可能である。応用可能であれば、本発明の開示をこのような手段及び他の基板処理手段に応用することができる。さらには、本明細書に使用する基板という用語を使って複数回処理した層を既に含んでいる基板も指す場合があるように、例えば、多層集積回路を作成するために基板を2回以上処理することが可能である。

10

【 0 0 3 6 】

「超音波」又は「超音波音」と呼ぶ場合は、別段の言及がない限り、これは、ヒトの聴覚の上限よりも大きな任意の周波数にある（すなわち、20 kHzを超える）音波に関するものと解釈されたい。

【 0 0 3 7 】

本明細書に使用する「放射」及び「ビーム」という用語は、紫外線（UV）放射（例えば、365、248、193、157、又は126 nmの波長を有する）を含めて電磁放射のすべての種類を包含する。

20

【 0 0 3 8 】

本明細書で使用する「パターン形成手段」という用語は、基板の標的部分中にパターンを作成するためなどに、投影ビームの断面にパターンを付与するために使用可能な手段を指すものと広義に理解するべきである。投影ビームに付与されたパターンは、基板の標的部分中の望ましいパターンに厳密に対応しない場合もあることに留意されたい。一般には、投影ビームに付与されたパターンは、集積回路のような、標的部分中に作成されているデバイス中の特定の機能層に対応することになる。

30

【 0 0 3 9 】

パターン形成手段は、透過型又は反射型であり得る。パターン形成手段の実施例には、マスク、プログラマブル・ミラー・アレイ、及びプログラマブルLCDパネルが含まれる。マスクはリソグラフィではよく知られており、バイナリ型、交番移相型、及び減衰移相型などのマスクの種類ばかりでなく、様々な複合型マスクの種類も含まれる。プログラマブル・ミラー・アレイの一実施例では、小型ミラーのマトリックス配置を使用し、そのアレイのそれぞれのミラーが、入射する放射ビームを異なる方向に反射するために個別に傾斜可能であり、このような方式で、反射されたビームをパターン形成する。パターン形成手段のそれぞれの実施例では、支持構造が架台又はテーブルであり得るが、例えば、それは必要に応じて固定式又は可動式が可能であり、パターン形成手段を、例えば、投影システムに対して望ましい位置に確保することができる。本明細書の「レチクル」又は「マスク」という用語の使用はいずれも、より一般的な「パターン形成手段」という用語と同義であると見なし得る。

40

【 0 0 4 0 】

本明細書で使用する「投影システム」という用語は、屈折光学系、反射光学系、及び反射屈折光学系を含め、例えば、使用されている露光放射に、又は浸液の使用若しくは真空の使用など、他の要素に適切な様々な種類の投影システムを包含するものと広義に解釈されたい。本明細書の「レンズ」という用語の使用はいずれも、より一般的な「投影システム」という用語と同義であると見なし得る。

【 0 0 4 1 】

50

照射システムも、屈折光学要素、反射光学要素、及び反射屈折要素を含めて、放射の投影ビームを誘導、成形、又は制御するための様々な種類の光学要素を包含するものと広義に解釈されるべきであり、このような光学要素を以下では集合的に又は単独に「レンズ」と呼ぶこともできる。

#### 【 0 0 4 2 】

リソグラフィ装置は、2つ（2連ステージ）以上の基板テーブル（及び／又は2つ以上のマスク・テーブル）を有する種類であり得る。このような「多連ステージ」機械では、追加的なテーブルを並行して、すなわち、1つ又は複数のテーブル上で予備工程を実行し、他方で1つ又は複数の他のテーブルを露光に使用することができる。

#### 【 0 0 4 3 】

ここで、添付の模式図を参照して、例示としてのみ本発明の実施例を説明する。

10

#### 【 実施例 】

#### 【 0 0 4 4 】

図では、対応する参照符号が対応する部分を指す。

#### 【 0 0 4 5 】

#### 「 実施例 1 」

図1は、本発明の特定の一実施例にしたがうリソグラフィ装置を模式的に示す。この装置は、

放射（例えば、紫外線放射又は遠紫外線放射）の投影ビームPBを供給するための照射システム（照射器）IL、

20

パターン形成手段（例えば、マスク）MAを支持し、かつ要素PLに対してパターン形成手段を正確に位置決めするための第1位置決め手段PMに連結されている第1支持構造（例えば、マスク・テーブル）MT、

基板（例えば、レジスト塗布ウェーハ）Wを保持し、かつ要素PLに対して基板を正確に位置決めするための第2位置決め手段PWに連結されている基板テーブル（例えば、ウェーハ・テーブル）WT、及び

パターン形成手段MAによって投影ビームPBに付与されたパターンを基板Wの標的部分C（例えば、1個又は複数のダイを含む）の上に描画するための投影システム（例えば、屈折投影レンズ）PLを備える。

#### 【 0 0 4 6 】

30

この図に示すように、この装置は透過型である（例えば、透過型マスクを使用する。）別法として、この装置は反射型であってもよい（例えば、上で言及した種類のプログラマブル・ミラー・アレイを使用する。）。

#### 【 0 0 4 7 】

照射器ILは放射源SOから放射のビームを受け取る。放射源とリソグラフィ装置は、例えば、この放射源がエキシマ・レーザであるとき、別体の独立要素であり得る。このような場合には、放射源はリソグラフィ装置の一部を構成するものとは見なされず、放射ビームは、例えば、適切な誘導ミラー及び／又はビーム拡張器を備えるビーム送出システムBDの補助によって放射源SOから照射器ILに送られる。他の場合には、例えば、放射源が水銀ランプであるとき、放射源はこの装置の一体部分であり得る。放射源SO及び照射器ILを、ビーム送出システムBD（必要ならば）と共に、放射システムと呼ぶことができる。

40

#### 【 0 0 4 8 】

照射器ILは、ビームの角強度分布を調整するための調整手段AMを備えることができる。一般に、照射器のひとみ平面内における強度分布の少なくとも外半径及び／又は内半径範囲（通常はそれぞれ $\sigma$ 外半径及び $\sigma$ 内半径と呼ぶ）を調整することができる。さらに、照射器ILは、積分器IN及び集光器COなどの様々な他の構成要素を備える。照射器は、投影ビームPBと呼ばれ、その断面に望ましい均一性と強度分布を有する放射の条件ビームを供給する。

#### 【 0 0 4 9 】

50

投影ビーム P B は、マスク・テーブル M T の上に保持されているマスク M A 上に入射する。投影ビーム P B は、マスク M A と交差した後、このビームを基板 W の標的部分 C の上に合焦するレンズ P L を通過する。第 2 位置決め手段 P W と位置センサ I F（例えば、干渉型素子）の補助によって、例えば、異なる標的部分 C をビーム P B の経路中に位置決めするために、基板テーブル W T を正確に移動することができる。同様に、第 1 位置決め手段 P M 及び別の位置センサ（これは図 1 に明示されていない）を使用して、例えば、マスク・ライブラリから機械的に取り出した後に又は走査時に、マスク M A をビーム P B の経路に対して正確に位置決めすることができる。一般には、物体テーブル M T 及び W T の移動は、位置決め手段 P M 及び P W の一部を構成する長行程モジュール（大まかな位置決め）と短行程モジュール（微細な位置決め）の補助によって実行されることになる。しかし、ステッパの場合は（スキヤナとは異なり）、マスク・テーブル M T を短行程アクチュエータのみに連結するだけでもよいし、又は固定してもよい。マスク M A 及び基板 W は、マスク位置合わせ標識 M 1、M 2 及び基板位置合わせ標識 P 1、P 2 を使用して位置合わせ可能である。

10

#### 【 0 0 5 0 】

図示の装置を次の好ましい方式で 사용할 ことができる。すなわち、

1. ステップ方式では、投影ビームに付与されたパターン全体を 1 回の試みで標的部分 C の上に投影する間、マスク・テーブル M T と基板テーブル W T を本質的に静止状態に保持する（すなわち、単一静的露光）。次いで、異なる標的部分 C を露光できるように、基板テーブル W T を X 方向及び／又は Y 方向に移動する。ステップ方式では、露光領域の最大

20

の大きさが、単一静的露光で描画される標的部分 C の大きさを限定する。

2. 走査方式では、投影ビームに付与されたパターンを標的部分 C 上に投影する間、マスク・テーブル M T と基板テーブル W T を同期して走査する（すなわち、単一動的露光）。マスク・テーブル M T に対する基板テーブル W T の速度と方向は、投影システム P L の（縮小／）拡大率と画像反転特徴によって決まる。走査方式では、露光領域の最大の大きさが、単一動的露光における標的部分の幅（非走査方向における）を限定するのに対して、走査の移動長さが標的部分の高さ（走査方向における）を決定する。

3. 別の方式では、投影ビームに付与されたパターンを標的部分 C 上に投影する間、マスク・テーブル M T を本質的に静止状態に保ってプログラム可能なパターン形成手段を保持し、かつ基板テーブル W T を移動又は走査する。この方式では、一般にパルス放射源を使用し、かつプログラム可能なパターン形成手段を、基板テーブル W T のそれぞれの移動後に又は走査時の連続的な放射パルスの合間に、必要に応じて更新する。このような動作方式は、上で言及した種類のプログラマブル・ミラー・アレイなどの、プログラム可能なパターン形成手段を利用するマスクレス・リソグラフィに容易に応用可能である。

30

#### 【 0 0 5 1 】

以上に説明した使用方式に関する組合せ及び／若しくは変型、又は全く異なる使用方式を用いることも可能である。

#### 【 0 0 5 2 】

図 2、3 a、及び 3 b は、本発明の一実施例による液体供給システムを示す図であり、上で説明した。限定ではなく上で説明した液槽及び封止部材を含めて、他の液体供給システムも本発明の実施例にしたがって使用することができる。

40

#### 【 0 0 5 3 】

図 4 は、本発明の一実施例による液体供給システム 1 と気泡低減手段 3 a / 3 b を示す図である。この気泡低減手段 3 a / 3 b は、投影レンズの直下に（3 a）又は描画軸の外側に（3 b）位置することができる。液体供給システム 1 は、投影レンズ P L とウェーハ W の間の液溜め 1 3 に液体を供給する。この液体は、好ましくは、1 よりも実質的に大きな屈折率を有するように選択されるが、その意味は、投影ビームの波長は空気又は真空中よりも液体の中における方が短く、したがってより小さい形状構成を解像することができる。投影システムの解像度は、とりわけ、投影ビームの波長とシステムの開口数によって決まることがよく知られている。また液体の存在によって、有効開口数が増加すると考

50

えられる。

#### 【 0 0 5 4 】

液体が大気に曝されていると、一部の大气ガスが液体の中に溶解し得る。液体が（何らかの原因で）乱されると気泡の形成を引き起こす恐れがあり、その気泡は、関与する液体、気体、及び乱れに応じて非常に微細な場合がある。微細な気泡は、直径が約 1 0 n m まで小さくなると、標準的な方法を用いて検出することが非常に困難であるが、依然として露光放射の描画性能を妨害し、画像を歪め、したがってウェーハ上の焼き付け欠陥を招く。気泡はまた、基板 W 上の感光性層が露光されるとき、このようなリソグラフィ装置内部の要素からのガス放出によって液溜め 1 3 に進入する恐れがある。

#### 【 0 0 5 5 】

この液溜めの少なくとも一部は、投影レンズ P L の最終要素の下方に位置決めされかつそれを取り囲む封止部材 1 7 と境界を接する。この封止部材 1 7 は、投影レンズ P L の最終要素よりもわずかに上方まで達し、液体の水準は投影レンズ P L の最終要素の下端よりも高くなる。封止部材 1 7 は、その上端が投影システムの段又はその最終要素と厳密に共形となり、例えば、円形であり得る内部周辺部を有する。その底部では、内部周辺部が描画領域の形状、例えば、長方形と厳密に共形であるが、任意の形状でよい。

#### 【 0 0 5 6 】

圧力下で封止部材 1 7 と基板 W に間の間隙に設けられ、ガス、例えば、窒素、アルゴン、ヘリウム、又は液中に容易に溶解しない同様のガスによって形成されたガス・シールなどの非接触封止体 1 6 によって、封止部材 1 7 とウェーハ W の間で液体を液溜めに閉じ込めることができる。随意選択的には、液体を加圧状態に維持するために、封止部材 1 4 によって液体を封止部材 1 7 と投影レンズ P L の間に閉じ込める。別法として、封止部材 1 4 を割愛することが可能であり、液体を重力によって閉じ込める。

#### 【 0 0 5 7 】

気泡低減手段 3 は、気泡除去手段を備えることができる。図 4 は気泡除去手段の一態様を示す図であるが、液体を連続的に流して投影レンズ P L と基板 W を通過させる。このような動作は、液溜め 1 3 内部で生じるガス、例えば、基板 W からのガス放出によって発生するガスから気泡を運び去るには特に効果的である。液体は、封止部材 1 7 の中に少なくとも一部が形成されている流路 2 3 を介して液溜め 1 3 に導入される。これらの流路 2 3 は、非接触封止体 1 6 に供給するための、ガス及び／又は液体用の注入口並びに排出口から構成可能な流路と協働可能である。例えば、液体は、非接触封止体 1 6 の直近の液溜め領域からガス排出口によって吸い込まれて連続的な流れを送出するように配置可能である。

#### 【 0 0 5 8 】

気泡低減手段 3 は気泡検出手段 4 を備えることができる。図 5 は、気泡検出手段 4 の中の超音波変換器 5 a / 5 b の 2 通りの配置を示す図である。本明細書で用いる検出原理は、超音波の振幅が液中の気泡からのレイリー散乱のために減衰されるというものである。この超音波減衰は、気泡の大きさの分布と数の密度（すなわち、単位体積当たりの数）の関数である。左図では、超音波変換器がパルスを発し、そのパルスが浸液を通過しかつ液溜め（液溜め 1 3 又は、例えば、描画軸の外側の何らかの他の液溜め）内部の境界から反射された後で、同じ変換器 5 a によって受け取られている。このような変換器 5 a の配置は、「パルス・エコー」配置として知られている。このようなパルス・エコー配置は、単一の変換器 5 a のみを必要とするだけでよく、さらに発射と検出の間に大きな伝搬経路を有することが容易であり、よって気泡に対する感度の最大化を助けるので効果的である。しかし、変則的な反射が発生して信号の損失を引き起こす恐れがある。別のパルスを放射する前に、パルスの戻りを待つことが必要なために、サンプリング速度も限定され得る。放射と受取りを並行して行えるように変換器 5 a を配置すると、この問題を解消することができる。それぞれが超音波の放射又は受取り専用である 2 つの変換器 5 b を使用する、別法による 1 つの配置を図 5 の右側に示す。この配置では一連のパルスを迅速に放射することが可能であり、さらに音波パルスが変換器 5 b 間を直接移動するので、この配置は変

10

20

30

40

50

則的な反射効果を蒙ることはない。

【 0 0 5 9 】

減衰は、超音波信号の波長よりもはるかに小さい気泡を検出するために周波数の関数として測定される。これは、広帯域変換器及び励振を使用して実行可能である。単一の周波数でのみ減衰を測定すると、検出が音波信号の波長と同じ程度の大きさか又はそれよりも大きい直径を有する気泡に限定される。

【 0 0 6 0 】

図 6 は、本発明の一実施例による気泡除去手段の別の一態様を示す図であるが、信号発生器 9 と、位相調節手段 8 によって相互に対してずれた位相とによって動作する 2 つの超音波変換器 5 c が、変換器 5 c の表面間の液体中に定常波形 6 を発生するように配置されている。図 6 は、干渉する正弦波から構成された定常波を示すが、この定常波は任意の周期形態（例えば、方形波又は鋸波）であり得る。上図は、第 1 の瞬間における配置を表し、下図は、その後の瞬間における同じ配置を示す。液体中に存在する気泡（例えば、2）は、定常波 6 の節領域 7 近くに局在化される傾向にある。位相調整手段 8 は、矢印 2 5 によって示すように、節の位置を 2 つの超音波変換器 5 c の一方又は他方に向かって移動するように作用する。閉じ込められた気泡 2 は、当該変換器 5 c に向かう節の移動と一緒に移動し、したがって液溜めの縁部に搬送される。図 6 では、このような移動が、矢印 2 6 によって示すように左側に向かい、また閉じ込められたサンプル気泡 2 の変位が、2 つの連続的な時点における閉じ込められた気泡 2 の中心を貫通する変位した垂直破線によって示されている。一旦、一定の密度の気泡が一方の変換器 5 c 近くに蓄積したら、この領域 20 内の液体を分離しかつ液溜めから除去し、液体と一緒に気泡を運ぶことができる。

【 0 0 6 1 】

気泡除去手段は、ここで参照としてその全体を組み込む欧州特許出願第 0 3 2 5 3 6 9 4 . 8 号明細書に説明されている超音波を使用するか、又は同様な原理に基づいて従来の超音波の幾つかの欠点（空洞現象及び壁との気泡衝突を招き小さい粒子が壁から碎け落ちて液体を汚染する恐れがある）を回避するメガソニック波（約 1 M H z）として知られた、より高い周波数を使用して動作可能である。別法として、より低い周波数の超音波を使用する場合であっても、超音波エネルギーを制御して気泡空洞現象の蓋然性又は程度を低減することができる。さらには、超音波を使用して、より小さい気泡を合体させて、より急速に上昇し、したがってより容易に除去可能なより大きな気泡にすることもできる。他の気泡低減手段も可能であり、例えば、上述の欧州特許出願明細書に説明されているものばかりでなく、恐らくは真空と組み合わせた薄膜を使用するか又はヘリウムのような低溶解度ガスによって液体を除去することによっても可能である。薄膜は、超小型電子技術、製薬、及び電力応用例などの分野で気体を液体からガスを除去するために既に使用されている。液体は、半多孔性の薄膜管の束を通して汲み上げられる。薄膜の孔は、液体はそれを通過できないが、除去すべき気体は通過可能なようにサイズ決めされ、かつ材料が選択されている。したがって液体が脱気される。この過程は、管の外側に低い圧力を印加することによって加速可能である。米国ノースカロライナ州シャーロット市の C e l g a r d I n c . 社の 1 事業部である M e m b r a n a - C h a r l o t t e 社から入手可能な L i q u i - C e l （商標） M e m b r a n e C o n t r a c t o r s が、このような用途に適切である。 40

【 0 0 6 2 】

低溶解度ガスによる除去は、往復ポンプ・ヘッド中の気泡閉じ込めを防止するために高性能クロマトグラフィに応用されている知られた技術である。低溶解度ガスを液体全体から抜き出すとき、それは二酸化炭素及び酸素などの他のガスを追い出す。

【 0 0 6 3 】

図 7 は、本発明の一実施例にしたがう気泡除去手段の脱気装置 1 0 を示す。この脱気装置 1 0 は、脱気すべき液体を収容する隔離室 1 1 を備える。脱気装置 1 0 は、隔離室 1 1 からガスを抜き出し、最終的に内部に低圧状態を実現するように配置されたポンプ 1 2 をさらに備える。沸騰を防止するために、使用されている液体の飽和蒸気圧よりも大きくな 50

るように最小圧力を選択することが好ましい（例えば、水では室温で約 23 ミリバール）。一旦低圧状態になると、液体中に溶解されたガスが溶液から離脱し、ポンプ 12 によって汲み取られる。液体の温度を上昇させることによって、このような過程を促進することができる。例えば、典型的には、40℃と50℃の間で動作すると、脱気速度が約10倍速くなる。脱気過程が完了すると、すなわち、それ以上溶解したガスを液体から抜き出すことができなくなると、液体の上方に位置する扉 15 を閉じることによって隔離室 11 を隔離することができる。液体は、使用するために液溜め 13 の中に移されるまで、大気から隔離状態に保たれるべきである。液体を、真空中で又は窒素、アルゴン、又はヘリウムなどの液体に溶解し難いガスの下で保持することができる。

#### 【 0 0 6 4 】

10

図 8 は、本発明の一実施例による、液溜めの液体を大気圧よりも高圧に加圧する役割を果たす液体加圧装置 22 を示す図である。高い圧力は、気泡の大きさを最小化し、かつ気泡が液体中に溶解するのを促進する効果を有する。図 8 に示す装置は、ピストン 19 と内穴 21 からなる。ピストンを内穴の中に押し込むと液体が加圧される。この装置の下端には、例えば、液体供給システム 1 の中に液体を移送できるように弁 18 が設けてある。監視目的のために、安全吹出し弁を備える圧力計 20 が設けられている。

#### 【 0 0 6 5 】

図 4 に示したように、気泡低減手段 3 は、液溜め 13 の内部と液溜め 13 の外側の要素を備えることができる（図 4 の 3a 及び 3b をそれぞれ参照されたい。）。露光空間 13 の外側に要素を有する利点は、利用可能な空間の量又は振動と熱放散の許容水準などの技術的要件がかなり緩和されることである。このことによって、処理要素の設計コストが低下するばかりでなく、大量処理の可能性が開ける。このような大量処理によって、単一のステーションが、幾つかのリソグラフィ装置で使用するための液体を調製することが可能になるし、又は連続的な液体処理量が存在するシステム若しくは液体が頻繁に交換されるシステムで使用するための大量の条件液を供給することも可能になる。

20

#### 【 0 0 6 6 】

液溜め 13 の内部に位置する気泡低減手段 3 は、ガス放出などによって液溜め 13 の内部で不可避免的に発生する気泡の対処に特に効果的である。

#### 【 0 0 6 7 】

液体の組成は、水よりも小さい表面張力を有するように選択可能である。これによって、気泡が基板に付着する傾向（小さい気泡では特に急激である）が低下するが、このような気泡は特に画像を損傷する恐れがあり、また除去処置を妨害しかねない。これは、より小さい表面張力を有する純粋な液体を選択することによって、又は界面活性剤のような、液体の表面張力を低下させる成分を液体に加えることによって実現可能である。

30

#### 【 0 0 6 8 】

基板 W の表面に付着した気泡は、それらが投影装置の焦点近くにあるので特に有害である。したがって、画像は回折による重大な歪みを受けやすい。本発明の一実施例は、このような気泡及び、より一般的には、浸液内部の任意の境界面に付着した気泡を除去する手段を提供する。このような実施例を図 9 に例示するが、この場合は基板 W から気泡を除去することに関するものである。この実施例では、2つの電極 27a 及び 27b が投影システム PL の最終要素と基板 W の間の領域内に配置され、それぞれが電源 28 の端子に接続されている。別法として、既存の装置の一部を電極として利用することも可能である。例えば、基板 W は、27a のような第 2 電極と協力して 1 つの電極を形成することができる。このような配置は、通電されると、投影レンズ PL の軸に対して実質的に平行で、標的境界面に近接する液体領域に延びる均一な電界を発生する。気泡は、周囲液体の誘電率とは異なる誘電率を有し、そのために気泡の周囲領域における電界の向きの線を歪める。気泡が基板（W）などの境界面に接近するとき、気泡が力を受けるように電界の向きの線を歪めることが可能であり、このような電界の向きの線は、当該表面から離れるように誘導され、気泡を変形させて最終的に表面から解放して液体本体に進入させることができる。

40

図 9 の状況では、電界の大きさは、気泡の上方に位置する液体によって気泡に加わる圧力

50

と、表面張力などの要因から生じる他の対向する力に打ち勝つように配置可能である。好ましい一実施例では、電極 27a と 27b の間の電位差が 100 直流電圧である。しかし、交流電圧源、又は交流電圧源と直流電圧源の組合せが使用可能である。決定的なパラメータは電界強度であり、それは電位差の大きさと電極間の離隔距離に左右される。さらには、非均一的な及び異なる配向の電界も効果的であり得る。この方法は、基板 W の表面が疎水性であり、かつ気泡を変形し、それを表面から分離することに伴う大きなエネルギー障壁が存在するときであっても応用可能である。これは、基板 W に親水被膜を塗布することなどによって、その表面を特別に処理する必要がもはやないことを意味する。

#### 【 0069 】

幾つかの設計上の問題点を考慮する必要がある。液体の導電率は慎重に制御されるべきである。特に、導電率が高すぎると電界の発生が困難になるので、高すぎないことが必要である。例えば、およそ 0.8 から 18.2 MOhm\*cm の抵抗率を有する水を使用することができる。また、電極 27a 及び 27b は、電気分解及びその後の物質の分解を防止するために、隔離材 29 によって分解から保護されていることが好ましい。電極の導電率及び/又は誘電率自体は、浸液に比べて高くなければならない。これによる 1 つの結果は、確実に導体材料の内部の電位に認められるほどの降下が生じないことであり、それによって電極間の均一な電界の発生を助けることができる。

#### 【 0070 】

電気的な力はまた、気泡と液中に分散する固体粒子との間の付着を引き起こし得ることが分かっている。液中の気泡は、それらの表面上に、気泡表面と液体本体の中で完全解離したイオン集合 (ionic concentration) との間の電位差をもたらす界面動電位 (すなわち、ゼータ電位) を有する。これは小さい粒子にも該当する。

#### 【 0071 】

本発明の一実施例によれば、電源又は電圧電源 V (すなわち、電荷、電圧、電界又は電位差の発生器若しくは供給源) を使用して液浸装置の 1 つ又は複数の物体に電位を印加することができる。動作原理は、斥力が必要であれば、液体の完全解離したイオン集合と物体との間に電位差を発生させるが、その電位差は、液体本体の中の完全解離したイオン集合と気泡表面との間の電位差と同じ極性であるというものである。物体と気泡の間に引力が必要であれば、電位差は同じ極性を有するべきである。このようにして、浸液と接触している物体 (電極) に向かって又はそれから離れるように気泡に対して力を発生することができる。

#### 【 0072 】

図 10 では、幾つかの異なる物体が、それらに印加された電位又は電荷を有する。この実施例は、このような 1 つの物体のみによって又は物体の任意の組合せによって動作し、また実際に、例示されていない物体に対する他の物体も同様に又は別法として使用可能である。

#### 【 0073 】

純粋な水では、それは 193 nm の投影ビーム波長で浸液として使用するための最も有望な候補であるが、マイクロメートル気泡の表面電位は約 -50 mV であることが分かっている。この電位は、気泡の大きさによって異なり、また浸液の種類によっても異なる。しかし、本明細書で説明するものと同じ原理は、他の浸液と気泡の大きさに対して使用可能であり、本発明はそれらに完全に応用可能である。添加剤を浸液に加えて電位の効果を変更することもできる。この目的には塩化カルシウム又は塩化ナトリウムが適切な添加物の候補である。

#### 【 0074 】

図 10 では、6 つの異なる物体が例示されており、それらに電位又は電圧又は電荷を印加することができる。これらの物体は浸液に接触していることが好ましい。しかしながら、原理的にはその必要はない。これらの物体の 1 つが基板 W であり、この基板 W には気泡表面の電位と同じ極性の電位が荷電されていることが好ましい。このようにして、気泡は、それに対して基板 W から直接引き離す力が掛かり、投影された画像に対する気泡の影響



が最小化する。基板W上の負の電位と組み合わせて又は単独で、投影システムの最終要素又は投影システムPLの最終要素に近接する物体50を気泡表面の電位とは極性が反対の電位に荷電することができる。これは、気泡を投影システムの最終要素に向かって引き付け、それによって基板から引き離す効果を有することになる。投影システムPLの最終要素に近接する物体50（電極）の形状は、任意の形状でよい。それは板状でもよいし、又は投影ビームPBが電極50の中心を通過するように環状でもよい。

#### 【0075】

別法として、荷電すべき又は印可された電圧を有すべき物体を封止部材17の表面に付着することも可能である。図10では、これらの物体を封止部材17の内表面に付着する。例示するように、2つの電極52、54は、それぞれバリヤ部材の両側に位置し、反対の電位に荷電されている。この方式では、気泡を一方の又は他方の物体に、恐らくは浸液排出口の方向に引き付けることができる。別法として、気泡表面の電位の極性とは異なる極性を有する電位に荷電されている1つ又は複数の物体を、封止部材17（浸液と接触している）の内側周辺に設けてもよい。この方式では、投影システムPLの最終要素と基板Wとの間における空間36内の浸液中の気泡を装置の光軸から引き離し、それによって基板Wに到る投影ビームPBの経路が気泡によって著しく妨害されないようにしておく。

#### 【0076】

本実施例を使用すべき別の箇所は、液体供給システム内における、投影システムPLの最終要素と基板Wとの間の空間36の上流側である。この場合には、浸液が導管56に沿ってかつ筐体58を通して流れると、反対に荷電されかつ対向するプレート62、64が気泡に対して力を生成するが、この力は、浸液が空間36内にあるとき、空間36の上流側に電界を印加しないで気泡を基板Wから引き離す場合よりも、さらに遠くに気泡を基板から引き離すのに効果的である。高密度の気泡を有する浸液、すなわち、電極64付近の浸液さえも除去可能であり、空間36に供給されることはない。除去された液体は、液体供給システム内で再利用される前に気泡除去処理を受けることができる。

#### 【0077】

以上のすべての実施例では、電圧発生器Vによって印加される電圧が高ければ高いほど、それだけ気泡に対する力が大きくなる。物体上の電位は、浸液の解離を引き起こすほどに高くするべきではないが、本発明が効果的であるように気泡に対して力を加えるのに十分な程度に高くするべきである。主に水からなる浸液では、本実施例にしたがって物体に印加される典型的な電位差は、5 mV から 5 V であり、好ましくは 10 mV から 500 mV である。電位の印加による 5 mV/mm から 500 mV/mm の電界が推奨される。

#### 【0078】

図11は、浸液に対する過度の影響を伴わずに大幅に高められた気泡除去率の利点を得られる気泡除去手段の一実施例を示す図である。除去率の向上は、加熱して浸液中の気泡の大きさを増大させることによって実現する。気泡の大きさが増大すると、ほとんどの気泡除去方法に対してその応答性が高くなる。これは、気泡自体の中のガスのみに結合するが、浸液自体には結合しない放射を発生するマイクロ波放射源30の使用によって、浸液又は周囲温度に敏感な構成要素の中に不都合な加熱効果を伴わずに実現される。図11のa及びbは、浸液を示す模式的な拡大図であるが、この過程の動作の仕方を例示する。マイクロ波光子32は、温度T1で例示の気泡31aによって吸収され、次いで加熱されて温度T2でより大きな気泡31bになる。一旦気泡の温度が周囲の浸液の温度よりも上昇すると、浸液温度の多少の上昇がそれぞれの気泡のすぐ近くで不可避免的に生じることになる。しかし、気泡の合計熱容量と浸液の熱伝導率は、浸液の加熱を許容限度内に維持できるほどに小さいと見込まれている。一般には、マイクロ波放射の周波数成分は、気泡中に存在する化学種の共鳴振動数又は励起モードに対応するように選択される。対象とする多くの場合では、気泡を形成するガスの大きな留分は窒素と酸素であり、その場合に、これらの分子の共振モードによって使用すべきマイクロ波の周波数が規定される。

#### 【0079】

図12は、気泡除去手段の別法による一実施例を示す図である。この図では、粒子入力

10

20

30

40

50

装置 33 が、気泡を表面に引き付けるように働く粒子を浸液中に導入する。これらの粒子を自然分散又は作為的な攪拌によって浸液と混合することができる。気泡の密度にしたがって決定される期間にわたって、これらの粒子を浸液中に放置しておくことができる。例えば、気泡の密度が非常に高ければ、粒子は急速に飽和状態になり、相対的に短時間後に一新する必要がある。他方で、気泡密度が低ければ、粒子がはるかに長い時間、活性状態に留まることができる。一旦、粒子の活性、又は別法として、気泡密度が一定のしきい値レベルを下回ったら、粒子除去装置 34 によって粒子を液体から除去することができる。この粒子除去装置は、例えば、粒子フィルタを備えることができる。図 11 の実施例によれば、粒子入力装置 33 及び粒子除去装置 34 が、矢印 37 及び 38 が示す回路によって、領域 36 を通過して浸液を循環させるために流路 23 に結合されている。当該回路は、矢印 38 が示すように、閉じているか、又は矢印 37 が示すように主回路又は他の給水源に対する入力及び出力を含むこともできる。使用済みの粒子を粒子再生装置 35 で処理して気泡を粒子から除去可能である。このような脱気過程は、例えば、粒子含有溶液に対するポンピング又は粒子自体に対する直接的なポンピングによって実現可能である。次いで、粒子入力装置 33 によってきれいな粒子を浸液に再導入可能であり、これらの粒子は再び浸液中で気泡を捕捉するために効果的に働くことになる。

10

## 【 0080 】

好ましくは、例えば、気泡の表面エネルギーを低下させるために、気泡が表面に付着するのを促す表面特徴を有するように粒子を配置する。さらには、可能な限り大きな表面積を有するように配置することも好ましい。これは、気泡が粒子内部の中の表面上に付着できるように有孔粒子の使用によって実現可能である。一般に、このようなパラメータは、粒子の大きさと数の分布、及び粒子の有孔率を制御することによって変更可能である。孔が微小になるほど、それだけ大きな追加的表面積が備わり得るが、これらの孔は、同程度の大きさである気泡又は孔に比べてより大きな気泡を除外するので（孔はこのような気泡によって塞がれる場合もある）、孔の大きさの釣り合いを取ることが必要となり得る。数多くの様々な粒子組成物、例えば、シリカ、ゼオライト、アルミナ、活性炭、又は炭素分子ふるいを使用することができる。幾つかの重合体組成物も使用可能である。粒子の大きさは、重要度がより低い要素（表面積に比べて）であるが、典型的な大きさの範囲は直径  $5\mu\text{m}$  から  $1000\mu\text{m}$  でよい。

20

## 【 0081 】

図 12 では、粒子入力装置 33 及び粒子除去装置 34 が共に領域 36 の外側に位置する。しかし、これらの構成要素は、この領域内部で直接粒子を追加しかつ除去するように配置することも可能である。

30

## 【 0082 】

粒子を液体の中に導入する別法による一方法は、脱気されていない液体と組み合わせて超音波攪拌を時々行うことである。気泡の空洞現象により、粒子が、液体に曝されている固体表面から放出される。

## 【 0083 】

図 13 は、マスク MA と基板 W の間のリソグラフィ投影装置を示す模式的な断面図である。この図は、気泡検出手段又は検出システムが、光源 39 と検出器 40 の間で光を伝搬するように配置されている本発明の幾つかの可能な実施例を示す。気泡（気泡検出システムの場合）又は粒子（検出システムの場合）の存在は、液体内部の気泡又は粒子から散乱する光によって生じる、検出器 40 に到達する光の強度の増減によって確認される。図 13 は 1 つの可能な配置を示すが、光源 39 は、光ファイバ 41 を介して光線を浸液中に誘導するように配置されている。光は液体を通り抜けて伝搬し、気泡又は粒子が存在すれば、それらによって散乱する。散乱光線の例示経路を矢印 42 によって示すが、投影レンズ・システムを通り抜けて検出器 40 に伝搬するのが分かる。好ましくは、フォトレジストが光に対して不感応であるように波長を選択する。図 14 及び 15 は、基板領域を示す拡大図であり、どのように光が浸液中に送出されるかを示す。図 14 では、光ファイバ 41 が封止部材 17 を貫通して繰り出され、直接に又は何回か反射した後で領域 36 内に進入

40

50

する。図 1 5 は、光を基板 W と封止部材 1 7 の間に導入する別法による 1 つの配置を示す。図 1 4 及び 1 5 では、光が単一方向から入り、領域 3 6 を水平に横切るように（矢印 4 3 a 及び 4 3 b によって）示してある。しかし、光は、任意の方向から液体中に送出可能であり、投影システム P L の最終要素及び／又は基板 W からの 1 本又は複数の反射光線を含む経路を備える様々な経路をとり得る。図 1 3 から 1 5 までに示した実施例によれば、光検出器で検出される信号強度は、散乱が全体的に増加することにより、気泡又は粒子の密度が液体中で増大するにつれて増加する。しかし、光源 3 9 及び検出器 4 0 は、散乱が増加すると、検出器 4 0 に到達する信号強度の減少をもたらすように配置することができる。他の変形として、光ファイバ 4 1 が、照射源と検出器の両方に接続可能であり、気泡又は粒子の存在は、反射されて光ファイバ 4 1 の中に戻ってくる光量の変化によって検出される。 10

#### 【 0 0 8 4 】

図 1 3 から 1 5 までに例示した配置は、一般に光スキャタロメータと説明される場合があるが、浸液中の気泡又は粒子の密度の連続的かつ非破壊的モニタリングを可能にする利点を有する。図 1 6 は、この配置がどのように実現可能であるかを模式的に例示するが、光源 3 9 及び検出器 4 0 が光比較器 4 4 と関係している。この光比較器 4 4 は、光源 3 9 が発した光と検出器 4 0 に到達する信号水準を比較し、光源と検出器の配置に応じて、浸液中に存在する気泡又は粒子の個数に関する情報を測定する。

#### 【 0 0 8 5 】

光比較器 4 4 は液質モニタ 4 5 と関係できるが、それは適切にプログラムされたコンピュータによって実現可能である。この液質モニタ 4 5 は、基板 W に描画されている画質が最低しきい値レベルより下に低下しないことを保証するために、確実に液体が常に適切な清浄度水準にあるように配置可能である。液質モニタ 4 5 は、気泡又は粒子の密度に加えて、液体化学組成などの他の要素も考慮に入れることができる。次いで液質モニタ 4 5 を警報システム 4 6 に接続することが可能であり、このシステムは、浸液の状態が所定のパラメータの範囲外になるとき、システムを停止させて動作状態から中断状態にするか、又は他の適切な動作を行う。このように液体中の問題に対して早い時期に反応することによって、適切な動作の迅速な実行が可能になり、低品質の浸液によって生じる粗悪な露光に伴う材料と時間の損失を最小限にすることもできる。 20

#### 【 0 0 8 6 】

リソグラフィ・システムの描画性能はまた、レンズ P L の底面部分上の汚れによっても悪影響（例えば、迷光の発生）を受け得る。このような汚染は、例えば、レジストの化学物質すなわち二酸化ケイ素などの酸化物に主として由来する塩の形成を含み得る。機械的又は化学的洗浄によって汚染を低減できるが、このような処理はコストの掛かる作業停止及び保守人員の作業時間を伴うものであり、必ずしも完全に効果的とは限らず、レンズを損傷する危険性もある。上で説明した本発明の幾つかの実施例によれば、1 つ又は複数の超音波変換器を設けて浸液から気泡を検出して除去する。これらの装置はまた、投影レンズ P L と基板又はウェーハ・チャック W の最終要素から汚れを除去するように配向しかつ構成することもできる。図 1 7 は 1 つの可能な配置を示すが、超音波変換器 4 7 が封止部材 1 7 上に配置され、かつ投影レンズ P L の最終要素と基板 W の間の液体に直接つながっている。洗浄時にレンズ自体の位置が変わる危険性を最小限にするために、変換器 4 7 を封止部材 1 7 から機械的に分離するか、又はそれと少なくとも緩衝連結することができる。例えば、変換器 4 7 を封止部材 1 7 に接触させずに、その近くに配置することも可能である。別法として、高周波を発生させるとき、レンズ P L の装置連結部を機械的に切り離すことも可能である。レンズ又はウェーハ・チャックを洗浄する状況では、浸液と共振する超音波を発生する多様な高周波発生器を使用することができる。実際に、超音波によるレンズ及びウェーハ・チャックの洗浄動作が自動的に実行可能であり、また汚染率にしたがってオンとオフを繰り返すように配置可能である。 40

#### 【 0 0 8 7 】

以上に本発明の特定の実施例を説明してきたが、本発明は説明とは別様に実施可能であ 50

ることが理解されよう。本明細書は本発明を限定しようとするものではない。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 8 8 】

【図 1】本発明の一実施例にしたがうリソグラフィ投影装置を示す図である。

【図 2】本発明の一実施例にしたがう、投影システムの最終要素周りの領域に液体を供給するための液体供給システムを示す図である。

【図 3 a】本発明の一実施例にしたがう、投影システムの最終要素周りの、図 2 の液体供給システムの注入口と排出口の配置を示す図である。

【図 3 b】本発明の一実施例にしたがう封止部材を示す図である。

【図 4】本発明の一実施例にしたがう気泡低減手段を有する液体供給システムを示す図である。 10

【図 5】本発明の 2 つの実施例にしたがう気泡検出手段中の超音波変換器の可能な 2 通りの配置を示す図である。

【図 6】発明の一実施例にしたがう気泡除去手段中の超音波変換器と定常波の配置を示す図である。

【図 7】本発明の一実施例にしたがう脱気装置を示す図である。

【図 8】本発明の一実施例にしたがう液体加圧装置を示す図である。

【図 9】気泡除去手段の一実施例を示す図であり、1 対の保護された電極と関連する電界発生器を示す。

【図 1 0】図 2 及び 3 に例示したものとは異なる液体供給システムを有する、本発明の幾 20 つかの異なる実施例を示す図である。

【図 1 1】a 及び b はマイクロ波放射源によって気泡を選択的に加熱するように配置されている気泡除去手段の一実施例を示す図である。

【図 1 2】粒子入力装置と粒子除去装置を備える気泡除去手段の一実施例を示す図である。

【図 1 3】気泡検出手段の一実施例を示す図であり、光源及び光検出器、並びに液体内部の経路から散乱された、投影レンズを通過して光検出器に達する光のビームに関する例示的な軌道を示す。

【図 1 4】図 1 3 に示した配置の基板領域を示す拡大図であり、光源の第一実施例にしたがって、光源からの光を投影レンズの最終要素と基板の間の領域内に導入するところを例 30 示する。

【図 1 5】図 1 4 と同じ図であるが、光源の第 2 実施例にしたがって、光源からの光を投影レンズの最終要素と基板の間の領域内に導入するところを示す図である。

【図 1 6】光源、検出器、光比較器、液質モニタ、及び警報器を備える気泡検出手段の一実施例を示す図である。

【図 1 7】本発明の一実施例にしたがう、投影レンズの最終要素と基板の間の領域内の超音波変換器の配置を示す図である。

【符号の説明】

【 0 0 8 9 】

A M 調整手段

C 標的部分

C O 集光器

I L 照射システム（照射器）

I N 積分器

M 1、M 2 マスク位置合わせ標識

M A パターン形成手段（マスク）

M T マスク・テーブル

P 1、P 2 基板位置合わせ標識

P B 投影ビーム

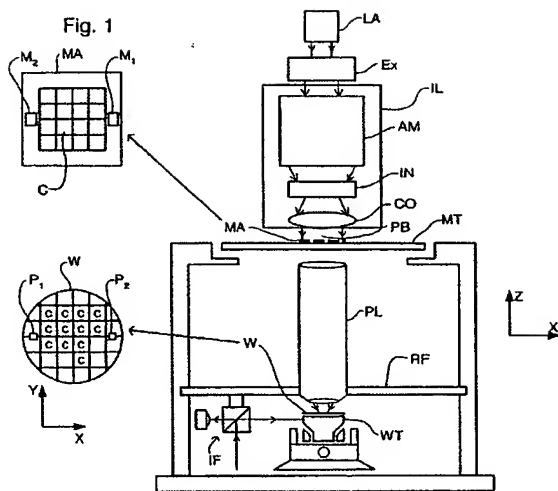
P L 投影システム（レンズ）

|             |          |    |
|-------------|----------|----|
| V           | 電圧電源     |    |
| W           | 基板       |    |
| W T         | 基板テーブル   |    |
| 1           | 液体供給システム |    |
| 2           | 気泡       |    |
| 3 a、3 b     | 気泡低減手段   |    |
| 4           | 気泡検出     |    |
| 5 a、5 b、5 c | 超音波変換器   |    |
| 6           | 定常波形     |    |
| 7           | 定常波形の節領域 | 10 |
| 8           | 位相調整手段   |    |
| 9           | 信号発生器    |    |
| 10          | 脱気装置     |    |
| 11          | 隔離室      |    |
| 12          | ポンプ      |    |
| 13          | 液溜め      |    |
| 14          | 封止部材     |    |
| 15          | 隔離室の扉    |    |
| 16          | 非接触封止体   |    |
| 17          | 封止体      | 20 |
| 18          | 弁        |    |
| 19          | ピストン     |    |
| 20          | 圧力計      |    |
| 21          | 内穴       |    |
| 22          | 液体加圧器    |    |
| 23          | 流路       |    |
| 25、26       | 矢印       |    |
| 27 a、27 b   | 電極       |    |
| 28          | 電源       |    |
| 29          | 隔離材      | 30 |
| 30          | マイクロ波放射源 |    |
| 31 a        | 気泡       |    |
| 31 b        | より大きな気泡  |    |
| 32          | マイクロ波光子  |    |
| 33          | 粒子入力装置   |    |
| 34          | 粒子除去装置   |    |
| 35          | 粒子再生装置   |    |
| 36          | 領域       |    |
| 37、38       | 回路       |    |
| 39          | 光源       | 40 |
| 40          | 光検出器     |    |
| 41          | 光ファイバ    |    |
| 42          | 散乱光線の経路  |    |
| 43 a、43 b   | 矢印       |    |
| 44          | 光比較器     |    |
| 45          | 液質モニタ    |    |
| 46          | 警報システム   |    |
| 47          | 超音波変換器   |    |
| 50、52、54    | 電極       |    |
| 56          | 導管       | 50 |

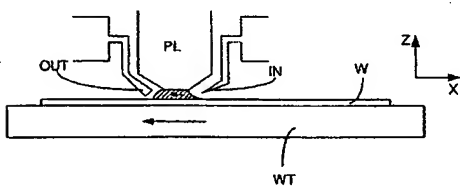
5 8 筐体

6 2、6 4 筐体のプレート

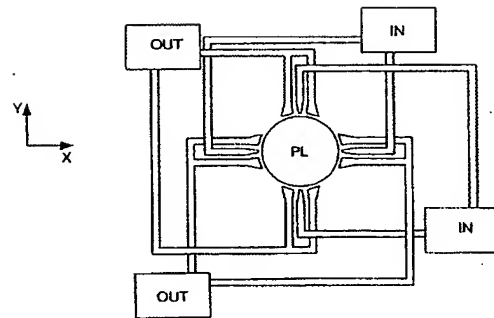
【 図 1 】



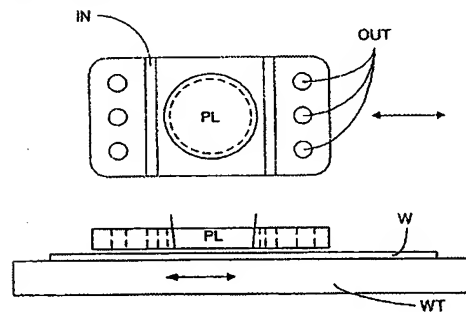
【 図 2 】



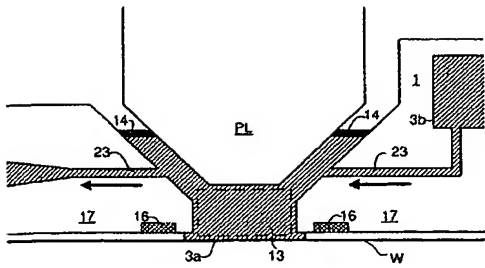
【 図 3 a 】



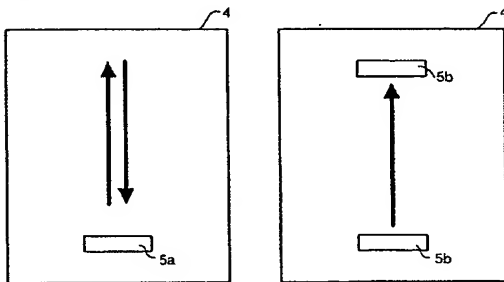
【 図 3 b 】



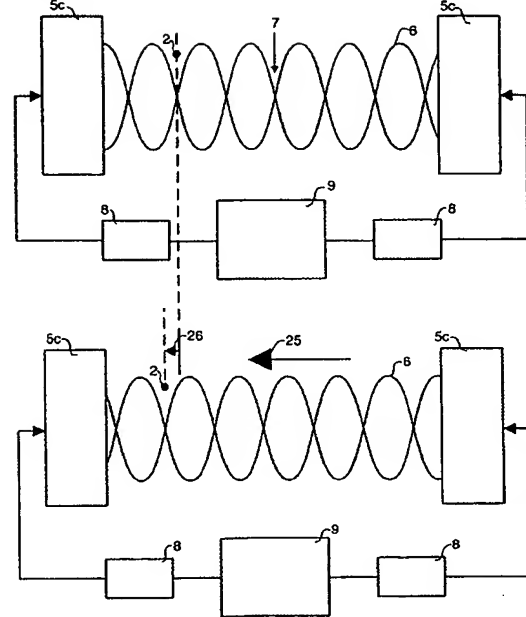
【 図 4 】



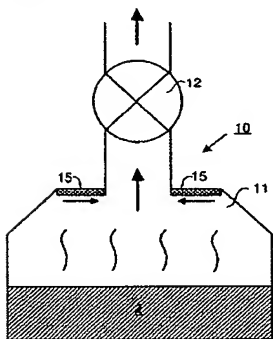
【 図 5 】



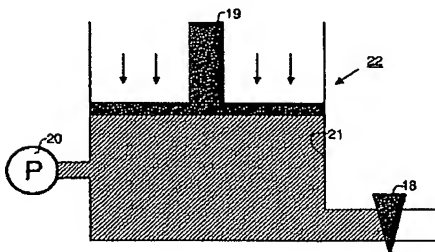
【 図 6 】



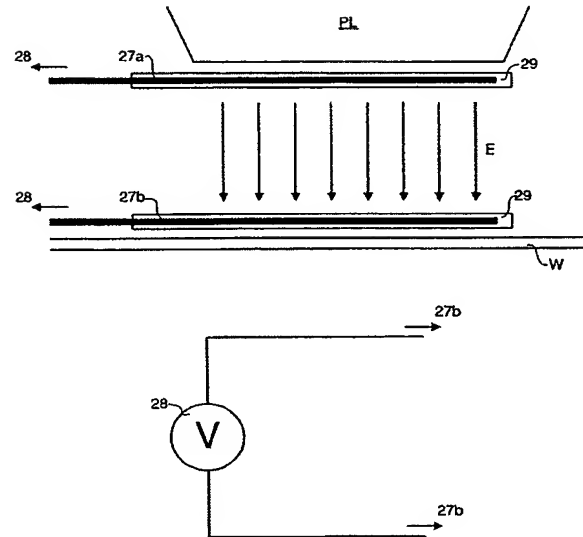
【 図 7 】



【 図 8 】

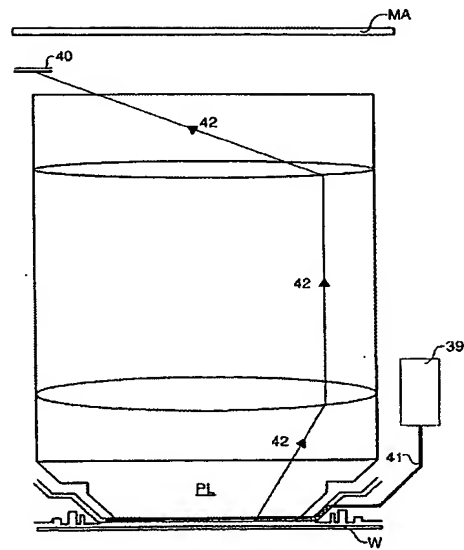
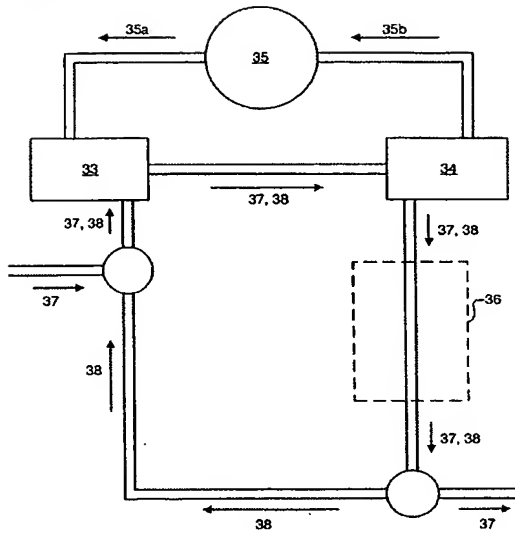


【 図 9 】



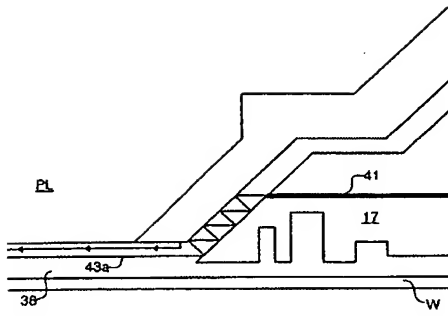
【 ㊦ 1 1 】

【 図 1 3 】

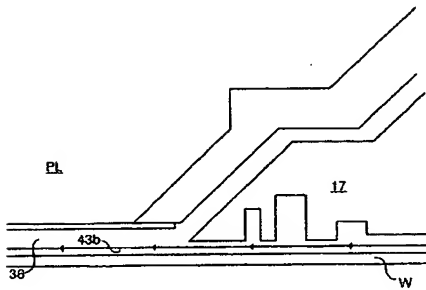




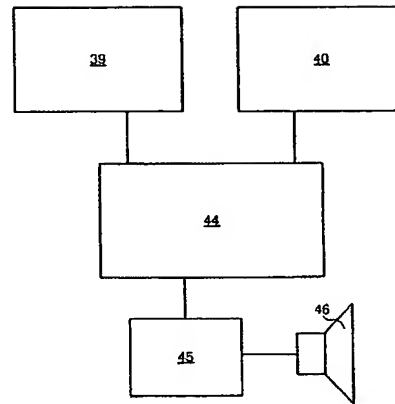
【 図 1 4 】



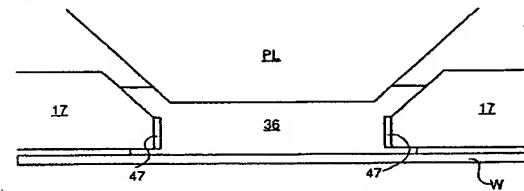
【 図 1 5 】



【 図 1 6 】



【 図 1 7 】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 ヨハネス セオドア デ スミト  
オランダ国、アイントホーフェン、 トンゲルレゼシュトラート 3 1 7 エー
- (72)発明者 ファディム イェフゲンイェフィヒ バニネ  
オランダ国、ヘルモント、ニールスラーン 2
- (72)発明者 セオドルス ヒュベルトウス ヨセフス ビッショップス  
オランダ国、アイントホーフェン、ボシュトブス 2 2 2 7
- (72)発明者 セオドルス マリヌス モッデルマン  
オランダ国、ニュエネン、オウデ ケルクディユク 5 8
- (72)発明者 マルセル マシユス セオドア マリー ディーリヒス  
オランダ国、フェンロ、キールルギュンシュトラート 1
- F ターム(参考) 5F046 AA28 BA05 CB24

【外国語明細書】

2005005713000001.pdf

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record.**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☒ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**